

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-003878

(43)Date of publication of application : 07.01.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/205  
C23C 16/50  
H05H 1/46

(21)Application number : 10-193983

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 09.07.1998

(72)Inventor : YAMAKOSHI HIDEO  
YAMAGUCHI KENGO  
MURATA MASAYOSHI  
TAKEUCHI YOSHIKI  
NAWATA YOSHIIICHI  
SATAKE KOJI  
KOKAJI SOJI  
MORITA SHOJI  
KUDOME MASATOSHI  
HORIOKA RYUJI  
MASHIMA HIROSHI

(30)Priority

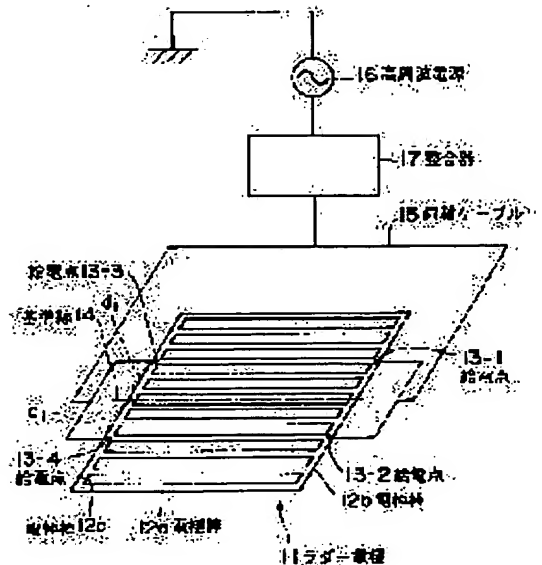
Priority number : 10104357 Priority date : 15.04.1998 Priority country : JP

## (54) DISCHARGE ELECTRODE AND HIGH FREQUENCY PLASMA GENERATOR USING THE SAME, AND FEEDING METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a plasma depositing device which can form an amorphous thin film or a fine crystal thin film with a uniform thickness and provide a high frequency discharge electrode used in the plasma deposition device.

SOLUTION: A plurality of electrode rods 12a are arranged in parallel with each other, and both ends of the rods 12a are connected to each other with electrode rods 12b and 12c to form a ladder-shaped high frequency discharge electrode 11. Feeding points 13 (13-1 to 13-4) are arranged at predetermined positions which are symmetrical with respect to a reference line 14, which is a bisector of one side of the ladder-shaped electrode 11. With this constitution, voltage variations on the ladder-shaped electrode which has effects on the uniformity of a discharge distribution can be suppressed sufficiently and a uniform film forming speed distribution can be obtained, so that uniform deposition can be realized, even if the area of the deposition becomes vary large.



**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The discharge electrode characterized by being the discharge electrode of the RF plasma generator to which electric power is supplied through an adjustment machine from an RF generator, and being the ladder mold or grid mold discharge electrode which has the feeding point of the high-frequency power of at least two or more points.

[Claim 2] The discharge electrode characterized by making two electrode groups which put two or more electrodes in order in parallel intersect perpendicularly mutually in claim 1, coming to arrange, and coming to allot the feeding point of high-frequency power to the location of axial symmetry on the basis of the bisector of each side of a high-frequency-discharge electrode.

[Claim 3] The RF plasma generator which is a RF plasma generator which it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in parallel, and supplies electric power in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine at said discharge electrode in a reaction container, and is characterized by using claim 1 or the discharge electrode of 2 for said discharge electrode.

[Claim 4] The RF plasma generator characterized by preparing said electric supply section in the periphery of a discharge electrode which does not counter a substrate in claim 3.

[Claim 5] The RF plasma generator characterized by making equal the die length of the power transmission line from an adjustment machine to each feeding point in claim 3 or 4.

[Claim 6] The RF plasma generator characterized by making the same as the size of the electrode near the electric supply section at least the size of the unreserved metal connector area which is not insulated which connects the power line of the feeding point and the transmission line in claim 3 thru/or 5 in case the transmission line is connected to the electric supply section of a discharge electrode.

[Claim 7] The RF plasma generator characterized by setting distance of the termination metal section of the earth line of the feeding point and the transmission line to at least 1cm or more in claim 3 thru/or 6.

[Claim 8] The RF plasma generator characterized by making anchoring to the discharge electrode of the transmission line into a different side from the substrate of a discharge electrode in claim 3 thru/or 7, and making whenever [ setting angle ] into 45 degrees or more of slant at least.

[Claim 9] The RF plasma generator characterized by setting the minimum distance from the metal part of the power line of the transmission line to a touch-down part to at least 1cm or more in claim 3 thru/or 8.

[Claim 10] The RF plasma generator characterized by covering the metal connector of the electric supply section to a discharge electrode with a with a 10mm or more 40mm or less outer diameter insulating material in claim 3 thru/or 9.

[Claim 11] The RF plasma generator characterized by setting the clearance between the periphery of a metal connector, and the inner circumference of an insulating material to 3mm or less in claim 10.

[Claim 12] The RF plasma generator characterized by considering as the discontinuous construction to which the electric supply structure to a discharge electrode made the transmission line the structure connected by the connector and the receptacle, and set the connector, the central conductor of the connection circles section of a receptacle, and the clearance between the directions of a path between external shielding to 3mm or less in claim 3 thru/or 11.

[Claim 13] It is the RF plasma generator which it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in parallel, and supplies electric power in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine at said discharge electrode in a reaction container. The RF plasma generator characterized

by setting up the number of the feeding points, and the location of the feeding point so that a substrate and the shortest distance measured along with the electrode from all the points of the range which counters to at least one of said the feeding points may become  $1/4$  or less [ of the vacuum medium wave length of a RF ] among the electrode surfaces of said discharge electrode.

[Claim 14] It is the RF plasma generator which it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in parallel, and supplies electric power in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine at said discharge electrode in a reaction container. In case RF supply to a discharge electrode is performed by the multipoint, the feeder way which divides one output from a RF source of supply into plurality is a coaxial cable, and this coaxial cable is divided into two., respectively by the die length of the quadrant of the wavelength in the cable of a RF The RF plasma generator characterized by connecting with the coaxial cable of the same characteristic impedance as said coaxial cable, dividing the tip into two further, respectively, and dividing into plurality by connecting the coaxial cable of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable.

[Claim 15] The RF plasma generator characterized by a coaxial cable being a distributed constant track in claim 14.

[Claim 16] The electric supply approach of the RF plasma generator which is the electric supply approach of a RF plasma generator of coming to arrange a ladder mold or a grid mold discharge electrode, and a substrate support means in a reaction container in parallel, and supplying electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine, and is characterized by supplying electric power considering said feeding point as a multipoint of two or more points.

[Claim 17] The electric supply approach of the RF plasma generator characterize by supply electric power, set up the number of the feeding points, and the location of the feeding point so that a substrate and the shortest distance measured along with the electrode from all the points of the range which counter to at least one of said the feeding points may become  $1/4$  or less [ of the vacuum medium wave length of a RF ] among the electrode surfaces of said discharge electrode in claim 16.

[Claim 18] In case RF supply to a discharge electrode is performed by the multipoint in claim 16, the feeder way which divides one output from a RF source of supply into plurality is a coaxial cable. This coaxial cable is divided into two., respectively by the die length of the quadrant of the wavelength in the cable of high frequency It connects with the coaxial cable of the same characteristic impedance as said coaxial cable. The electric supply approach of the RF plasma generator characterized by supplying electric power, dividing the tip into two furthermore, respectively, and dividing into plurality by connecting the coaxial cable of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] It is related with the discharge electrode configuration and the electric supply approach of a RF plasma generator which are used for film production of semi-conductors, such as an amorphous silicon used for a solar battery, a thin film transistor, etc., microcrystal silicon, polycrystalline silicon, and silicon nitride, and etching of the semi-conductor film.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to manufacture an amorphous silicon (henceforth "a-Si") thin film, and a silicon nitride (henceforth "SiNx") thin film as an example of said RF plasma generator, two typical examples are explained about the configuration of the plasma chemistry vacuum evaporatio equipment (henceforth "PCVD" or "vacuum evaporatio equipment") used conventionally. That is, the approach using \*\* ladder electrode as an electrode used for discharge generating and the approach using \*\* parallel plate electrode are explained below.

[0003] \*\* About the approach using a ladder electrode, the plasma-CVD equipment which used the electrode of various configurations as a ladder-like plan type coil electrode is first indicated by JP,4-236781,A. It explains using drawing 21 which shows the typical configuration of this approach. As shown in drawing 21, the ladder electrode 02 for discharge (henceforth a "ladder electrode") and the heater 03 for substrate heating are arranged in parallel in the reaction container 01, an impedance matching box 05 is ladder minded [ said / 02 ] from RF generator 04 for discharge, for example, this PCVD equipment is 13.56MHz. High-frequency power is supplied. RF generator 04 is connected to the end of the ladder electrode 02 through the impedance matching box 05, the earth wire 06 is connected to the other end of the ladder electrode 02, and said ladder electrode 02 for discharge is grounded with the reaction container 01 shown in drawing 21, as shown in drawing 22 showing the perspective view.

[0004] The high-frequency power supplied to said ladder electrode 02 for discharge generates the glow discharge plasma between the heaters 03 for substrate heating and the ladder electrodes 02 for discharge which were arranged in the reaction container 01, and flows to a ground through the earth wire 06 of the ladder electrode 02 for discharge. In addition, the coaxial cable is used for this earth wire 06.

[0005] In said reaction container 01, it lets the reactant gas installation tubing 07 pass from the bomb which is not illustrated, for example, the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied as reactant gas 08. It is decomposed by the glow discharge plasma generated with the ladder electrode 02 for discharge, and the supplied reactant gas 08 is held on the heater 03 for substrate heating, and is deposited on the substrate 09 heated by predetermined temperature. Moreover, the gas in the reaction container 01 is exhausted by the vacuum pump 011 through an exhaust pipe 010.

[0006] Hereafter, the case where a thin film is manufactured to a substrate using said equipment is explained. As shown in drawing 21, after driving a vacuum pump 011 and exhausting the inside of the reaction container 01, it lets the reactant gas installation tubing 07 pass, for example, the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied as reactant gas 08, and the pressure in the reaction container 01 is maintained at 0.05 - 0.5Torr. In this condition, if high-frequency power is impressed to the ladder electrode 02 for discharge from RF generator 04, the glow discharge plasma will occur. the glow discharge plasma produced between the ladder electrode 02 for discharge and the heater 03 for substrate heating decomposes reactant gas 08 -- having -- this result -- SiH3 and SiH2 etc. -- the radical containing Si occurs, it adheres to substrate 09 front face, and an a-Si thin film is

formed.

[0007] \*\* Next, explain the approach using an parallel plate electrode as an electrode used for discharge generating with reference to drawing 23 . As shown in drawing 23 , RF electrode 022 and the heater 023 for substrate heating are arranged in parallel in the reaction container 021. An impedance matching box 025 is minded [ said / 022 ] from RF generator 024, for example, it is 13.56MHz. High-frequency power is supplied. The heater 023 for substrate heating is grounded with the reaction container 021, and serves as an earth electrode. Therefore, the glow discharge plasma occurs between RF electrode 022 and the heater 023 for substrate heating.

[0008] In said reaction container 021, the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied as reactant gas 027 through the reactant gas installation tubing 026 from the bomb which is not illustrated. The gas in the reaction container 021 is exhausted by the vacuum pump 029 through an exhaust pipe 028. A substrate 030 is held on the heater 023 for substrate heating, and is heated by predetermined temperature.

[0009] Using the equipment of a configuration of having mentioned above, as it is the following, a thin film is manufactured. As shown in drawing 23 , a vacuum pump 029 is driven and the inside of the reaction container 021 is exhausted. Next, if the mixed gas of a mono silane and hydrogen is supplied as reactant gas 027 through the reactant gas installation tubing 026, the pressure in the reaction container 021 is maintained at 0.05 - 0.5Torr and an electrical potential difference is impressed to RF electrode 022 from RF generator 023, the glow discharge plasma will occur. Mono-silane gas is decomposed by the glow discharge plasma produced between RF electrode 022 and the heater 023 for substrate heating among the reactant gas 027 supplied from the reactant gas installation tubing 026. consequently, SiH<sub>3</sub> and SiH<sub>2</sub> etc. -- the radical containing Si occurs, it adheres to substrate 030 front face, and an a-Si thin film is formed.

[0010]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, each of approaches using \*\* ladder electrode as an electrode used for discharge generating and conventional approaches using \*\* parallel plate electrode has the following problems.

\*\* the electric field generated in about 02 ladder electrode in drawing 21 -- reactant gas (for example, SiH<sub>4</sub>) 08 -- Si, SiH, SiH<sub>2</sub>, SiH<sub>3</sub>, H, and H<sub>2</sub> etc. -- it is decomposed and the a-Si film is formed in the front face of a substrate 09. However, in order to attain improvement in the speed of a-Si film formation, it is 13.56MHz of the present condition about the frequency of an RF generator. 30MHz Or when it is made high to 300MHz (ultrahigh frequency band Very High Frequency following VHF band), there is a problem that uniformity collapses [ about 02 ladder electrode electric-field distribution ], and thickness distribution of the a-Si film formed by the substrate 09 as the result gets extremely bad.

[0011] Drawing 24 shows the relation between a substrate area 30cmx30cm plasma power line period and thickness distribution (gap from average thickness) using the ladder electrode 02. It is 5cmx5cm thru/or about 20cmx20cm, the magnitude, i.e., the area, of a substrate which can secure the uniformity (less than \*\*10%) of thickness distribution.

[0012] The reason with difficult homogeneity film production with the VHF band of an approach using the ladder electrode 02 is as follows. In a vacuum, the wavelength of a VHF band is 1-10m, and is the size and equivalent order of a circuit of film production equipment as it is shown in Table 1. All over the coaxial cable used for transmission of power, and distributed constant tracks, such as a ladder electrode, further, wavelength becomes short and, in the case of a coaxial cable, wavelength increases short 0.67 times. Although a standing wave stands when an impedance mismatch exists in a circuit and reflection cuts, spacing of an antinode is 1/2 of track wavelength at that time.

[0013]

[Table 1]

主な周波数に於ける各種波長

周波数 (MHz)	真空中波長 (m)	同軸ケーブル中波長 (m)	同軸ケーブル中の 定在波節腹間隔 (m)
13.56	22.1	14.8	7.4
60	5.0	3.4	1.7
100	3.0	2.0	1.0
200	1.5	1.0	0.5

[0014] Therefore, in a large area electrode, for the distribution of voltage produced under the effect of a standing wave, the electric-field distribution near the electrode becomes uneven, and discharge becomes an ununiformity. This situation is described in the 1st advanced-technology reference (J.Appl.Phys.54(8) and 1983.p.4367). By this reference, the heterogeneity of discharge by standing wave distribution of a single dimension is describing, and a ladder electrode is also considered that such heterogeneity arises about one 1 electrode by it.

[0015] Moreover, since the die length becomes comparable as the wavelength shown in "Table 1", the earth wire 06 shown in drawing 22 will not work as a ground, but will work as a short circuit edge by one fourth of wavelength an open end and 1/2, and will influence voltage-current distribution. Furthermore, with a VHF band, it becomes impossible to disregard the voltage-current distribution by the stray capacity produced between an electrode, the surrounding structure, a grounded plate, etc., the residual inductance in alignment with an electrode, etc., and homogeneity gets worse.

[0016] for example, a dozens of cm electrode -- several -- the inductance of nH -- having -- \*\*\*\* -- 100MHz \*\*\*\* -- this is equivalent to the impedance of several ohms, and, similarly cannot be disregarded compared with the plasma impedance of several ohms.

[0017] Furthermore, with a VHF band, a current stops being able to flow easily due to the skin effect, and it is 100MHz. It becomes the resistance of about 0.5ohms per m, and becomes the cause of the heterogeneity of discharge, and current loss.

[0018] Since discharge becomes an ununiformity by the above causes, uniform film production is difficult. Therefore, a mass-production disposition top and the improvement in the membrane formation rate by high-frequency-izing of the plasma power source about a large area substrate required for low-cost-izing are very difficult. In addition, since the membrane formation rate of a-Si is proportional to the square of a plasma power line period, research is activating also at the society of a related technical field. Furthermore, there is still no example of a success to large-area-izing.

[0019] Moreover, by the electric supply to the ladder electrode 02, it is 13.56MHz conventionally. Although it was satisfactory especially only by \*\*\*\*ing and carrying out the stop of the central conductor of a commercial coaxial cable to the rod of a ladder electrode when using, in plasma generating with a VHF band, the plasma unnecessary for the ground shielding circumference of a central conductor and a coaxial cable and strong occurs. Especially at the time of high power, the quite strong plasma occurs locally. There is a problem that the film production rate near the feeding point will become quick locally by this plasma, membraneous quality will deteriorate, or powder will be generated depending on the case.

[0020] \*\* the electric field generated between RF electrode 022 and the heater 023 for substrate heating in drawing 23 -- reactant gas (for example, SiH<sub>4</sub>) -- Si, SiH, SiH<sub>2</sub> SiH<sub>3</sub>, H, and H<sub>2</sub> etc. -- it is decomposed and the a-Si film is formed in the front face of a substrate 030. However, in order to attain improvement in the speed of a-Si film formation, it is 13.56MHz of the present condition about the frequency of RF generator 022. If it is made high to a VHF band, the uniformity of the electric-field distribution generated between RF electrode 022 and the heater 023 for substrate heating will collapse, and thickness distribution of the a-Si film will get extremely bad as the result.

[0021] Drawing 24 is the property Fig. showing a substrate area 30cmx30cm plasma power line period and the relation of thickness distribution (gap from average thickness) using the parallel monotonous mold electrode 022. It is 5cmx5cm thru/or about 20cmx20cm, the magnitude, i.e., the area, of a substrate which can secure the

uniformity (less than \*\*10%) of thickness distribution.

[0022] The reason nil why the homogeneity film production in the VHF band by the approach using an parallel plate electrode is difficult is as follows. First, an parallel monotonous mold is the structure which cannot supply reactant gas to homogeneity easily from the first compared with a ladder electrode mold. If gas 027 is supplied from the reactant gas supply pipe 026 like drawing 23 as the trouble is stated to the 2nd advanced-technology reference (Mat.Res.Soc.Symp.Proc.Vol.219 (1991) p.631.) in detail, a difference will appear in a film production rate in a part far from the part near the supply side on a substrate 030. Moreover, although illustration is not carried out, also by the approach of supplying reactant gas from there, since the diffuser product of gas is narrow, it is easy to install many holes in RF electrode 022, and to become uneven thickness distribution.

[0023] Furthermore, like a ladder electrode, under the effect of a standing wave, distribution of voltage gets worse and the heterogeneity of discharge arises with a VHF band. and in a ladder electrode, the flow of a current is restricted in the direction of an electrode, and a terminal impedance is also determined with an earth wire -- receiving -- an parallel plate -- if -- distribution of voltage and current distribution serve as two-dimensional, since a terminal impedance is also the whole periphery of an electrode 22, it will become complicated, and depending on the case, it becomes the uneven discharge distribution accompanied by time amount change.

[0024] On the other hand, in a ladder electrode, since the parallel monotonous mold is generating the plasma according to uniform electric-field distribution to not being influenced so much even if there is existence of the standing wave of many smallness since the electric-field distribution which generates the plasma is surrounding uneven distribution of an electrode from the first, when the homogeneity of electric field is confused, it has the property that the homogeneity of the plasma gets worse remarkably.

[0025] Therefore, a mass-production disposition top and the improvement in the membrane formation rate by high-frequency-izing of the plasma power source about a large area substrate required for low-cost-izing are very difficult. In addition, although research is activating also at the society of a related technical field since the membrane formation rate of a-Si is proportional to the square of a plasma power line period, there is still no example of a success to large-area-izing.

[0026] Large area film production with the VHF band which used the parallel monotonous mold is reported to the 3rd advanced-technology reference (L.Sansonnens et.al, Plasma Sources Sci.Technol.6 (1997) p.170). With this advanced-technology reference, it is 70MHz. When electric power is supplied in the center, it is supposed that there is \*\*38% of heterogeneity. This is equivalent to the result of us who show drawing 24 , and it is the heterogeneity of the level which can be used neither for a solar battery nor a thin film transistor. Similarly it is 70MHz. Homogeneity is improved by supplying electric power to four points, and although it becomes \*\*18%, now, \*\*10% of homogeneity required for a solar battery etc. cannot be attained.

[0027] moreover, the plasma chemistry vacuum evaporationno equipment which used the grid-like (shape of grid -- or reticulated) discharge electrode in addition to the ladder mold mentioned above and the parallel monotonous mold electrode is proposed. The outline of the configuration of the plasma chemistry vacuum evaporationno equipment using this grid-like high-frequency-discharge electrode is shown in drawing 25 .

[0028] As shown in drawing 25 , PCVD031 comes to arrange the grid-like high-frequency-discharge electrode 038 arranged between the substrate 037 supported by the substrate support means 036 which makes the substrate heating apparatus which countered with the material gas feed zone material 035 which has the gas inlet 034 which introduces material gas 033 in a vacuum housing 032, and this material gas feed zone material 035, and has been arranged serve a double purpose, and this substrate 037 and the material gas feed zone material 035. The sign 039 in drawing illustrates a vacuum pump, and 040 illustrates an RF generator.

[0029] The manufacture approach of the amorphous thin film by the vacuum evaporationno equipment 031 mentioned above and a microcrystal thin film is shown below. A substrate (for example, glass, stainless steel, a thermally stable polymer ingredient) 037 is fixed to the substrate support means 036 which makes substrate heating apparatus serve a double purpose, and it heats to predetermined temperature (for example, 200 degrees C). Moreover, evacuation of the inside of a vacuum housing 032 is carried out with a vacuum pump 039 (to for example,  $1 \times 10^{-6}$  Torr extent). . Next, material gas (for example, SiH<sub>4</sub> gas) 033 is introduced in a vacuum housing 032 from the material gas inlet 034. Value predetermined in the inside of a vacuum housing 032, the feed gas pressure force, and a flow rate (they are 800sccm(s) for example, at 0.1Torr(s)) An introductory flow



rate and an exhaust air flow rate are adjusted so that it may become.

[0030] Next, high-frequency power (it is 800W at 60MHz) is inputted into the high-frequency-discharge electrode 08 from RF generator 040, and the plasma 041 of material gas 032 is generated around the high-frequency-discharge electrode 038. The plasma 041 is activated and the introduced material gas 033 will be in a radical condition (for example, it is called SiH<sub>2</sub>, SiH<sub>3</sub>, and a following radical). The radical which reached up to substrate 037 front face supported by the substrate support means 036 is deposited on substrate 037 front face, carrying out chemical association mutually, and forms thin films (for example, an amorphous silicon thin film, a microcrystal silicon thin film, etc.).

[0031] In recent years, the PCVD equipment an amorphous-silicon solar cell, a microcrystal silicon solar cell, whose liquid crystal display using a thin film transistor, etc. the demand of large-area-izing is increasing and are manufacturing installations is also advancing towards large-area-izing.

[0032] However, when it large-area-izes, there is a problem that uniform vacuum evaporatio (for example, physical properties, thickness, etc.) of a thin film becomes difficult. This is made into the factors with main heterogeneity of flow rate distribution of the distributed gas to \*\* substrate side top and heterogeneity of the distribution of voltage on \*\* discharge electrode side. Moreover, although it is progressing also towards RF-izing of a power line period and RF-ization to a still higher frequency domain (for example, 40-200MHz) from 13.56MHz used well conventionally is performed as a membrane formation rate or a way stage for the improvement in membraneous In this field, since wavelength serves as order comparable as substrate size, the heterogeneity of the distribution of voltage on the electrode surface under the effect of a standing wave etc. becomes still more remarkable, and it has become the new factor which bars the uniform membrane formation by the large area.

[0033] Drawing 26 shows the configuration of the material gas supply pipe 051 which raises the homogeneity of flow rate distribution of the distributed gas in conventional plasma chemistry vacuum evaporatio equipment, the high-frequency-discharge electrode 052, and a substrate 053, and an example of arrangement. The material gas supply pipe 051 is a configuration which has arranged the gas pipe 055 which formed the gas blowdown hole 054 to ladder-like, and as shown in drawing 26, it is arranged so that it may become parallel to a substrate 053, so that material gas can be supplied all over substrate 053. Moreover, without generating the plasma all over substrate 053, and interrupting the flow of the material gas from a gas supply line 051, the high-frequency-discharge electrode 052 is also arranged at a substrate and parallel in the configuration which has arranged the electrode 056 to ladder-like so that it can supply uniformly. In the high-frequency-discharge electrode 052 as shown in drawing 26, the feeding point 057 is formed in the central part.

[0034] Since the homogeneity of distribution of the flow rate of distributed gas was raised compared with the case where the electrode of the parallel monotonous mold generally used is used by the approach shown in drawing 26, in membrane formation with the conventional power line period of 13.56MHz, the homogeneity of the thin film in a large area was good. However, when using the power line period of the frequency domain higher than before for high-speed high quality membrane formation etc., it was difficult for distribution of voltage to have become [ tend ] an ununiformity in the configuration of the high-frequency-discharge electrode concerning a Prior art, and to have made the whole high-frequency-discharge electrode generate the uniform plasma.

[0035] The distribution of voltage using the high-frequency-discharge electrode 052 shown in drawing 26 is shown in drawing 27. As shown in drawing 27, it is shown that the electrical potential difference of the part of the electrode 056 which has the feeding point 057 into a central part is uneven high distribution of voltage, and the plasma has become an ununiformity.

[0036] On the other hand, as stated previously, according to the 3rd advanced-technology reference, by supplying electric power to four symmetrical points centering on the center or center on an electrode surface, distribution of voltage with a comparatively uniform power line period is acquired, and at least 70MHz of comparatively uniform thin films is obtained with parallel monotonous mold PCVD equipment. However, also in this conventional technique, the heterogeneity of thickness is as high as \*\*18%, and PCVD equipment with which the present condition is that the thin film (\*\*10% or less) uniform enough is not obtained, and it can obtain a uniform thin film is desired.

[0037] This invention makes it a technical problem to offer the high-frequency-discharge electrode with which thickness can manufacture a uniform amorphous thin film and a microcrystal thin film, and the plasma vacuum



evaporationno equipment using it in view of said problem.

[0038]

[Means for Solving the Problem] Invention of the high-frequency-discharge electrode of [claim 1] which solves said technical problem is the discharge electrode of the RF plasma generator to which electric power is supplied through an adjustment machine from an RF generator, and is characterized by having the feeding point of the high-frequency power of at least two or more points.

[0039] Invention of [claim 2] is characterized by making two electrode groups which put two or more electrodes in order in parallel intersect perpendicularly mutually, coming to arrange, and coming to allot the feeding point of high-frequency power to the location of axial symmetry on the basis of the bisector of each side of a high-frequency-discharge electrode in claim 1.

[0040] Invention of the plasma vacuum evaporationno equipment of [claim 3] is a RF plasma generator which it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in parallel, and supplies electric power in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine at said discharge electrode in a reaction container, and is characterized by using claim 1 or the discharge electrode of 2 for said discharge electrode.

[0041] Invention of [claim 4] is characterized by preparing said electric supply section in the periphery of a discharge electrode which does not counter a substrate in claim 3.

[0042] Invention of [claim 5] is characterized by making equal the die length of the power transmission line from an adjustment machine to each feeding point in claim 3 or 4.

[0043] In claim 3 thru/or 6, in case invention of [claim 6] connects the transmission line to the electric supply section of a discharge electrode, it is characterized by making the same as the size of the electrode near the electric supply section at least the size of the unreserved metal connector area which is not insulated which connects the power line of the feeding point and the transmission line.

[0044] Invention of [claim 7] is characterized by setting distance of the termination metal section of the earth line of the feeding point and the transmission line to at least 1cm or more in claim 3 thru/or 6.

[0045] Invention of [claim 8] is characterized by making anchoring to the discharge electrode of the transmission line into a different side from the substrate of a discharge electrode, and making whenever [ setting angle ] into 45 degrees or more of slant at least in claim 3 thru/or 7.

[0046] Invention of [claim 9] is characterized by setting the minimum distance from the metal part of the power line of the transmission line to a touch-down part to at least 1cm or more in claim 3 thru/or 8.

[0047] Invention of [claim 10] is characterized by covering the metal connector of the electric supply section to a discharge electrode with a with a 10mm or more 40mm or less outer diameter insulating material in claim 3 thru/or 9.

[0048] Invention of [claim 11] is characterized by setting the clearance between the periphery of a metal connector, and the inner circumference of an insulating material to 3mm or less in claim 10.

[0049] Invention of [claim 12] is characterized by considering as the discontinuous construction to which the electric supply structure to a discharge electrode made the transmission line the structure connected by the connector and the receptacle, and set the connector, the central conductor of the connection circles section of a receptacle, and the clearance between the directions of a path between external shielding to 3mm or less in claim 3 thru/or 11.

[0050] As for invention of [claim 13], it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in a reaction container in parallel. It is the RF plasma generator which supplies electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine. A substrate and the shortest distance measured along with the electrode from all the points of the range which counters to at least one of said the feeding points are characterized by setting up the number of the feeding points, and the location of the feeding point so that it may become 1/4 or less [ of the vacuum medium wave length of a RF ] among the electrode surfaces of said discharge electrode.

[0051] As for invention of [claim 14], it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in a reaction container in parallel. It is the RF plasma generator which supplies electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine. In case RF supply to a discharge electrode is performed by the multipoint, the feeder way which divides one output from a RF source of supply into plurality is a coaxial cable, and this coaxial cable is divided into two., respectively by the die

length of the quadrant of the wavelength in the cable of a RF It is characterized by connecting with the coaxial cable of the same characteristic impedance as said coaxial cable, dividing the tip into two further, respectively, and dividing into plurality by connecting the coaxial cable of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable.

[0052] Invention of [claim 15] is characterized by a coaxial cable being a distributed constant track in claim 14.

[0053] Invention of the electric supply approach of the RF plasma generator of [claim 16] is the electric supply approach of a RF plasma generator of coming to arrange a ladder mold or a grid mold discharge electrode, and a substrate support means in a reaction container in parallel, and supplying electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine, and is characterized by supplying electric power considering said feeding point as a multipoint of two or more points.

[0054] Invention of [claim 17] is characterized by supplying electric power, setting up the number of the feeding points, and the location of the feeding point so that a substrate and the shortest distance measured along with the electrode from all the points of the range which counters to at least one of said the feeding points may become  $1/4$  or less [ of the vacuum medium wave length of a RF ] among the electrode surfaces of said discharge electrode in claim 16.

[0055] In case invention of [claim 18] performs RF supply to a discharge electrode by the multipoint in claim 16 The feeder way which divides one output from a high frequency source of supply into plurality is a coaxial cable, and this coaxial cable is divided into two., respectively by the die length of the quadrant of the wavelength in the cable of high frequency It is characterized by supplying electric power, connecting with the coaxial cable of the same characteristic impedance as said coaxial cable, dividing the tip into two further, respectively, and dividing into plurality by connecting the coaxial cable of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable.

[0056]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, although the gestalt of operation of this invention is explained, this invention is not limited to this.

[0057] [Gestalt of the 1st operation] drawing 1 is 1 detail drawing of the electric supply section to the ladder electrode of the gestalt of the 1st operation, and shows an example of the multipoint electric supply of at least two or more points to a ladder electrode. As shown in drawing 1 , the ladder electrode 11 of the vacuum evaporation equipment concerning the gestalt of this operation puts two or more electrode 12a in order in parallel, connects the both ends by Electrodes 12b and 12c, comes to constitute a ladder-like electrode, and comes to arrange the feeding point 13 (13-1 to 13-4) in a predetermined distance of axial symmetry by making the bisector of one side of the high-frequency-discharge electrode 11 into the datum line 14. High-frequency power is supplied through the adjustment machine 17 at said feeding point 13-1 to 13-4 from RF generator 16, using a coaxial cable 15 as an electrical transmission track. Electric power is supplied through the adjustment machine 17 and a coaxial cable 15 at the four feeding points 13 (13-1 to 13-4) of the ladder electrode 11 from RF generator 16.

[0058] \*\* In the plasma generator using the ladder electrode 11, the two or more feeding points 13 to the ladder electrode 11 are preferably made into the multipoint of four or more points.

[0059] the shortest distance measured at least from a substrate and all the points of the range which counters along with the metal rod which constitutes the ladder electrode from all the points on the electrode surface of a discharge electrode 11 to at least one of the feeding points of the aforementioned \*\* preferably in \*\* \*\* among electrode surfaces -- the vacuum medium wave length of a RF --  $1/4$  or less, the number of the feeding points and the location of the feeding point are set up so that it may become  $1/8$  or less preferably. Thus, by setting up, the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side can be suppressed sufficiently small. Therefore, a uniform film production velocity distribution can be acquired.

[0060] He is trying to form the feeding point 13 on the ladder electrode 11 in the periphery of a substrate and the location 11 which does not counter, i.e., a ladder electrode, in \*\* \*\*. It is good to attach to the frame part of the ladder electrode 11 preferably especially. Although the plasma occurs like the surroundings of the ladder electrode 11 around this at the feeding point 13 when it connects using a coaxial cable 15 as the power transmission line (henceforth the "transmission line") used for electric supply, this SiH<sub>3</sub> which this plasma decomposes a mono silane and serves as a basis of amorphous silicon film production etc. -- it is because a

radical is generated, so the film production rate of the substrate side near [ this ] the electric supply section becomes high compared with other parts. Then, he is trying to attach the electric supply section 13 to the periphery of the ladder electrode which does not counter a substrate 25 so that a film production velocity distribution may not be influenced of the plasma such near the electric supply section.

[0061] In \*\* \*\*, the die length of the power transmission line from the adjustment machine 17 to each feeding point 13 is made equal. Thereby, the phase of the high-frequency voltage of each feeding point can be made equal, it is unstable, and it can prevent that a standing wave without unity stands, and fine tuning of a feeding point location required in the case of film production rate equalization can make it comparatively easy.

[0062] Let the location of each feeding point 13 on the ladder electrode 11 be a line symmetric design with predetermined distance (d1) in \*\* \*\* by making the core of the ladder electrode 11 into the datum line 14. The distribution of voltage on the ladder electrode 11 serves as a symmetrical form by this, and fine tuning of a feeding point location required for the further equalization of distribution becomes easy. Moreover, it is good also as arrangement (feeding point 13-1 and feeding point 13-4) of point symmetry.

[0063] In addition, the concrete example of the gestalt of this operation is explained to a detail in the 1st example - the 6th example.

[0064] [Gestalt of the 2nd operation] drawing 15 is 1 detail drawing of the electric supply section to the ladder electrode of the gestalt of the 3rd operation, and drawing 16 is the important section side elevation.

\*\* In the film production equipment by the VHF band RF plasma using the ladder electrode 11 When the transmission line (for example, coaxial cable 15) is connected to the electric supply section of the ladder electrode 11, Unreserved metal connector area 101 which connects the power line (in for example, the case of a coaxial cable central conductor) of the feeding point 13 of the ladder electrode 11, and the transmission line (for example, coaxial cable 15) and which is not insulated A size Similarly it is [ the size of ladder electrode 12a near the electric supply section, and ] the connector area 101 of drawing 16 preferably at least. It is made thick like. Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding by this.

[0065] \*\* Distance (a) of the termination metal section 104 of the earth line (for example, ground shielding 15a of a coaxial cable 15) of the feeding point 13 and the transmission line (for example, coaxial cable 15) is preferably set to 2cm or more at least 1cm or more. Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding by this.

[0066] \*\* He supposes that it is the substrate and the opposite side (background) of the ladder electrode 11 about anchoring to the ladder electrode 11 of the transmission line (for example, coaxial cable 15), and is trying to attach whenever [ setting angle ] in a perpendicular (90 degrees) 45 degrees or more of slant, at least, as preferably shown in drawing 16 . Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding by this.

[0067] \*\* The power line (in for example, the case of a coaxial cable 15 central conductor) or the metal connector 101 of a feeder way The minimum distance (b) from the unreserved part which is not insulated to components grounded, such as ground shielding 15a and a discharge chamber, is preferably set to 2cm or more at least 1cm or more. Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding by this.

[0068] In addition, the concrete example of the gestalt of this operation is explained to a detail in the 7th example.

[0069] [Gestalt of the 3rd operation] drawing 17 is one sectional view of the electric supply section to the ladder electrode of the gestalt of the 3rd operation, and drawing 18 is the A section enlarged drawing.

\*\* Metal connector 201 of the electric supply section 13 to the ladder electrode 11 It is the insulating material 202 below 30mmphi more than 15mmphi preferably below 40mmphi more than the outer diameter phi of 10mm. He is trying to cover. Thereby, it is the metal connector 201 of the electric supply section. It is an insulating material 202 to the surroundings. Since it was made to install, it is the metal connector 201. The surrounding plasma can be abolished completely and homogeneous aggravation of a film production rate can be

prevented.

[0070] It sets to \*\* \*\* and is the metal connector 201. A periphery and insulating material 202 Clearance (s) \*\* of inner circumference \*\*\*\*s to 1mm or less preferably 3mm or less. Thereby, it is a central conductor 201. Insulating material 202 of external shielding Since the clearance between inner circumference (s) is narrow, generating of the plasma in the part can be prevented.

[0071] \*\* In the electric supply to the ladder electrode 11, make the transmission line into the structure connected with a connector by the receptacle, and the connector, the central conductor of the connection circles section of a receptacle, and the crevice between the directions of a path between external shielding \*\*\*\* in the structure which packed the insulating material so that it might be preferably set to 1mm or less 3mm or less. It is made hard for this to lose the space which discharge produces and to happen discharge.

[0072] In addition, the concrete example of the gestalt of this operation is explained to a detail in the 8th example.

[0073] [Gestalt of the 4th operation] drawing 19 is the conceptual diagram of the power division approach of the gestalt of the 4th operation. Drawing 20 is a conceptual diagram to show the effectiveness of this example. As shown in drawing 19, the ladder electrode 11 of this example is supplied with the coaxial cable 73 through the adjustment machine 72 from RF generator 71. The output connector of said adjustment machine 72 is N type, and has connected each for a coaxial cable 73, the N type T adapter 74, 10D-2V cable 75, the N type T adapter 76, 10D-2V cable 77, the flange 78 with an N type connector, and the coaxial cable 79 for vacuums there.

\*\* In case RF supply 13-1 to 13-4 to the ladder electrode 11 is performed by the multipoint, in order to divide one output from the RF source of supply 71 into four in the plasma generator using a RF A coaxial cable 73 performs one output from a source of supply, and it is divided into two., respectively by the die length of the quadrant of the wavelength in the cable of high frequency It connects with the coaxial cables 75 and 75 of the same characteristic impedance as said coaxial cable 73, and he divides the tip into two further, respectively, and is trying to divide into four by connecting the coaxial cables 77 and 77 of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable 75.

[0074] The part which this loses in the transmission line among the power supplied from RF generator 71 will decrease, and the part supplied to the plasma will increase. Moreover, a film production rate can make it quicker than the time of the direction when setting the die length of a coaxial cable 75 to 50cm setting die length to 60cm also by the same supply voltage.

[0075] \*\* In the above, it is synonymous also considering a "coaxial cable" as a "distributed constant track."

[0076] In addition, the concrete example of the gestalt of this operation is explained to a detail in the 9th example.

[0077]

[Example] Although the contents of this invention are hereafter explained based on the suitable example of this invention, this invention is not limited to this.

[0078] [Example 1] drawing 1 is the conceptual diagram showing the 1st example, and is one suitable example of the gestalt of the 1st operation. As shown in drawing 1, the ladder electrode 11 of the vacuum evaporation equipment concerning this example puts two or more electrode 12a in order in parallel, connects the both ends by Electrodes 12b and 12c, comes to constitute a ladder-like electrode, and comes to arrange the feeding point 13 (13-1 to 13-4) in a predetermined distance of axial symmetry by making the bisector of one side of the high-frequency-discharge electrode 11 into the datum line 14. High-frequency power is supplied through the adjustment machine 17 at said feeding point 13-1 to 13-4 from RF generator 16, using a coaxial cable 15 as an electrical transmission track.

[0079] Said RF generator 16 generates 60MHz and the VHF band RF of 150W. This high frequency was supplied with the coaxial cable 15 through the adjustment machine 17 at the four feeding points 13-1 to 13-4 on the ladder electrode 11. In this example, although the coaxial cable 15 is used as the transmission line, this invention is not limited to this. in addition, said coaxial cable 15 can transmit a VHF band RF by low loss -- it is easy, and it can carry out to low cost and is desirable. In addition, although there is a method of designing and using the transmission line by two parallel metal plates as the transmission line etc., it is inconvenience a little at the management within a reaction container etc. Moreover, the coaxial cable for vacuums was used for the coaxial cable in a reaction container in this example. Generally, although the coaxial cable was 50ohm or

75ohm, this example used the 50-ohm thing. It is thought that a plasma impedance is good to use [ which lessens generating of a reflected wave since it is considered 50ohms or less ] the transmission line of a low impedance in order to be beneficial.

[0080] In the ladder electrode shown in drawing 1 , the tee of a coaxial cable 15 was only connected to juxtaposition. Although quadrisectioned here in two steps, it cannot be overemphasized that you may quadrisection at once. However, it was made for all the distance from said adjustment machine 17 to the feeding point 13-1 to 13-4 to become equal.

[0081] The ladder electrode 11 concerning this example sets the magnitude to 42cmx42cm, and the path of electrode 12a which makes the quality of the material the product made from SUS, and constitutes it is setting it to 6mmphi. Said feeding point 13-1 to 13-4 was taken to pin electrode 12b which connects the both ends of pin electrode 12a of the ladder electrode 11, and constitutes a periphery part. Among the four feeding points 13-1 to 13-4, it is made for two to become one both ends of ladder electrode 12a at a time, and they made the electrode installation location the predetermined location (d1) it becomes symmetrical by making the center line of the ladder electrode 11 into the datum line 14 fluctuating, respectively.

[0082] Drawing 2 is the plot plan of the RF plasma generator using the ladder electrode 11 shown in drawing 1 . As shown in drawing 2 , PCVD21 comes to arrange the ladder electrode 11 shown in drawing 1 allotted between substrate heating and the support means 26 combining and [ have the gas installation tubing 24 which introduces reactant gas 23 in a vacuum housing 22 / gas supply ], and heating and support of a substrate 25, and substrate heating and a support means 26 and the material gas installation tubing 24, and is exhausting the gas in a vacuum housing 22 with the vacuum pump 28 through an exhaust pipe 27.

[0083] The reactant gas (mono-silane gas) 23 supplied from the gas installation tubing 24 in order for the plasma to prevent generating between the ladder electrode 11 and a vacuum housing 22 serves as plasma through the ladder electrode 11, and the ground shielding 29 of said ladder electrode 11 is installed in order to make it lead toward a substrate 25. After a reaction is presented with this reactant gas (mono-silane gas) 23, it is exhausted by the vacuum pump 28. Gas pressure is adjusted so that it may be set to 80mTorr(s).

[0084] In said equipment, when reactant gas 23 was supplied in the vacuum housing 22, the plasma of a mono silane was generated between the circumference of the ladder electrode 11, and a substrate 25. In this example, the substrate 25 was made large-sized glass [ 30cmx30cm ]. a-Si was produced on the substrate 25 in this condition.

[0085] The film production velocity distribution in this example is shown in drawing 4 . According to drawing 4 , by this example, acquiring \*\*10% of uniform distribution was checked.

[0086] [2nd example] drawing 3 is the ladder electrode 11 concerning the 2nd example which changed into the two-point electric supply method the ladder electrode shown in drawing 1 , and is one suitable example of the gestalt of the 1st operation. Since it is the same as the ladder electrode of drawing 1 except being two-point electric supply, explanation omits an electric supply method. According to the ladder electrode 11 changed into the two-point electric supply shown in this drawing 3 R> 3, as shown in drawing 5 , as for the film production velocity distribution, it was checked that most substrates go into less than \*\*10% of homogeneity.

[0087] In addition, although not shown in drawing, uniform distribution was acquired also when eight-point electric supply was performed in a still more large-sized electrode, and the distance to the furthest point from the feeding point was 1 / 4 - 1/8 of wavelength.

[0088] On the other hand, when four points supply electric power in said large-sized electrode, it becomes 1/4 or more [ of wavelength ], the film production rate of a location distant from the feeding point increases, and it has become an ununiformity very much.

[0089] As the distribution in one central electric supply of the ladder electrode in which the [example of comparison] conventional technique is shown was shown in drawing 6 , it is \*\*40% of homogeneity, and what practical use cannot be presented with became clear.

[0090] The feeding point was attached to the periphery of a substrate and the ladder electrode which does not counter in drawing 1 and the example shown in 2 and 3. This reduced the effect of the film production rate heterogeneity on the \*\*\*\* plasma around the feeder.

[0091] It is considered to be the standing wave distribution produced on a ladder electrode to affect film production rate homogeneity most. With a single dimension pin electrode, on the conditions on which termination was opened wide, the electrical potential difference of termination is the highest and serves as



standing wave distribution which carries out monotone reduction to  $\lambda/4$  on the basis of there as stated to the 1st advanced-technology reference (J.Appl.Phys.54(8) and 1983.4367). If this principle is extended to the ladder electrode which is a 2-dimensional electrode and is considered in approximation, the standing wave distribution which uses the furthest point from the electric supply on a ladder electrode as an open end, and carries out monotone reduction to  $\lambda/4$  toward the feeding point will arise. If electric power is supplied by the multipoint, standing wave distribution will be considered in approximation to be the superposition of the standing wave from each feeding point. Therefore,  $\lambda/4$  or less [ then ] and distribution of a standing wave do not become so large about the distance by the feeding point of the point on a ladder electrode with the furthest distance by the feeding point. Most especially of  $\lambda/8$  or less [ then ] and standing wave distribution is lost. Thus, by combining a ladder electrode and multipoint electric supply, a standing wave can be controlled now and homogeneity distribution can be acquired now.

[0092] In drawing 1 , by having set the feeding point to four, the standing wave distribution on a ladder electrode became homogeneity, the plasma became homogeneity, and film production rate homogeneity improved. Moreover, the distance from the feeding point 13 in this example to the furthest point on the ladder electrode 11 is 58cm, and is  $1/14$  of wavelength. The discharge heterogeneity by the standing wave has been improved by this, and it contributed to homogeneity film production.

[0093] Moreover, the electrical potential difference of the point of having connected the ground becoming low, and reducing a film production rate was lost by not taking a ground.

[0094] The distance to the furthest point in the case of drawing 3 is 42cm, and is  $1/12$  of wavelength. For this reason, standing wave distribution has been improved and homogeneity improved.

[0095] Furthermore, in the large-sized electrode, even when the distance to the point from the feeding point that it is the furthest also when eight-point electric supply is performed was  $1/4 - 1/8$  of wavelength, it has checked acquiring uniform distribution like  $1/8$  or less.

[0096] Thus, if the distance to the furthest point from the feeding point is  $1/8$  or less [ of wavelength ], uniform distribution of voltage is acquired and the uniform film production velocity distribution which can be used for a product can be acquired. In general satisfying homogeneity is acquired  $1/4$  or less [ at least  $1/8$  or more ]. On the other hand, or more by  $1/4$ , according to standing wave distribution, the film production rate of a location distant from the feeding point increases, and it has become ununiformity distribution.

[0097] Since the distance to the furthest point about standing wave distribution in one central electric supply is  $1/6$ , it must be homogeneity comparatively. However, since it is in the center while the number of the feeding points is one, it is uneven distribution under the effect of the \*\*\*\* plasma around a feeder.

[0098] On the other hand, in drawing 1 and the example shown in 2 and 3, since the feeding point was attached to the substrate and the location which does not counter, the effect of the \*\*\*\* plasma is considered to seldom have influenced around a feeder by the film production velocity distribution on a substrate. The example 3 mentioned later describes the surrounding plasma of this feeder in detail.

[0099] In this example of four points shown in drawing 1 , and 2 and 3, or two-point electric supply, arrangement of each feeding point on a ladder electrode was made into bilateral symmetry. Thereby, the electrical potential difference on a ladder electrode became a symmetrical form. Although fine tuning of a feeding point location was performed in these examples, looking at a film production velocity distribution, since the form symmetrical in this way was acquired, it was easy to acquire the guide of adjustment. On the other hand, although not illustrated, it was unknown in how it should tune finely by complicated distribution arising in unsymmetrical arrangement.

[0100] Although the example mentioned above was a ladder mold electrode next, the example about a grid mold electrode is explained.

[0101] In addition to the ladder mold electrode only using the water flat bar of the 1st and 2nd examples, effectiveness with the same said of the grid mold ladder electrode using a horizontal and vertical electrode is expectable.

[0102] [3rd example] drawing 7 is the perspective view of the high-frequency-discharge electrode of the plasma vacuum evaporation equipment concerning the 3rd example, and is one suitable example of the gestalt of the 1st operation. As shown in drawing 7 , the high-frequency-discharge electrode 41 concerning the 3rd example makes two electrode groups which put two or more electrodes 42 in order in parallel intersect perpendicularly mutually, comes to constitute the electrode of the shape of a grid which it comes to arrange in the shape of a

mesh, and comes to arrange the feeding point 43 (43-1 to 43-4) in the location of axial symmetry by making the bisector of one side of the high-frequency-discharge electrode 41 into the datum line 44. In addition, the configuration of a grid is not limited to this example. The high-frequency-discharge electrode 41 concerning this example is applied instead of the high-frequency-discharge electrode 038 of the vacuum evaporation equipment 031 shown in drawing 25.

[0103] That is, at this example, it is the datum line 44 of a bisector to the predetermined distance D1. It has, and he forms the feeding point 43-1, the feeding point 43-2, the feeding point 43-3, and the four feeding points 43-4, and is trying to allot the feeding point as a result to four points of the four corners of the high-frequency-discharge electrode 41. Thus, a bisector 44 to predetermined distance D1 Since it has, the feeding point 43-1 and the feeding point 43-2 are arranged and the feeding point 43-3 and the feeding point 43-4 come to arrange similarly, as shown in drawing 8, distribution of voltage serves as abbreviation homogeneity, and a sufficiently uniform thing (\*\*10% or less) can be obtained in thin film formation.

[0104] [4th example] drawing 9 is the perspective view of the high-frequency-discharge electrode of the plasma vacuum evaporation equipment concerning the 4th example, and is the suitable example of the gestalt of the 1st operation. As shown in drawing 9, the high-frequency-discharge electrode 51 concerning this example arranges an electrode 52 in the shape of a mesh, comes to constitute a grid-like electrode and comes to arrange the feeding point 53 (53-1 to 53-4) in the location of axial symmetry by making the bisector of one side of the high-frequency-discharge electrode 51 into the datum line 54.

[0105] He is trying to form the feeding point 53-1, the feeding point 53-2, the feeding point 53-3, and the four feeding points 53-4 with the predetermined distance D2 in this example compared with the 1st example from the datum line 54 by central approach. Thus, a bisector 54 to predetermined distance D2 Since it has, the feeding point 53-1 and the feeding point 53-2 are arranged and the feeding point 53-3 and the feeding point 53-4 come to arrange similarly, as shown in drawing 10, distribution of voltage still more uniform than the 3rd example can be acquired, and a sufficiently uniform thing (\*\*10% or less) can be obtained in thin film formation.

[0106] [5th example] drawing 11 is the perspective view of the high-frequency-discharge electrode of the plasma vacuum evaporation equipment concerning this example, and is the suitable example of the gestalt of the 1st operation. As large area-ization is attained in the 5th example compared with the 3rd and 4th examples explained previously and it is shown in drawing 11, the large-sized high-frequency-discharge electrode 61 concerning this example An electrode 62 is arranged in the shape of a mesh, and it comes to constitute a grid-like electrode and comes to arrange two or more feeding points 63 (63-1 to 63-4) in the location of axial symmetry by making the bisector of one side of the high-frequency-discharge electrode 61 into the datum line 64.

[0107] At this example, it is the 1st predetermined distance D3 from the datum line 64. And 2nd predetermined distance D4 He has and is trying to arrange the feeding point to eight places of an electrode. Thus, at this example, it is the 1st predetermined distance D3 from the datum line 64. Have and the feeding point 63-1 and the feeding point 63-2 are arranged. It is the 1st predetermined distance D3 similarly. Have and the feeding point 63-3 and the feeding point 63-4 are arranged. Furthermore, 2nd predetermined distance D4 Have and the feeding point 65-1 and the feeding point 65-2 are arranged. It is the 2nd predetermined distance D4 similarly. Since it has, the feeding point 65-3 and the feeding point 65-4 are arranged and two or more feeding points are arranged with predetermined distance As shown in drawing 12, distribution of voltage serves as abbreviation homogeneity, and a sufficiently uniform thing (\*\*10% or less) can be obtained in the thin film formation which attained large area-ization rather than the 1st example.

[0108] [6th example] drawing 13 is the perspective view of the high-frequency-discharge electrode of the plasma vacuum evaporation equipment concerning the 6th example, and is one suitable example of the gestalt of the 1st operation. Drawing 14 is the film production velocity distribution acquired by this example.

[0109] As shown in drawing 13, it comes to arrange the four feeding points 33 (33-1 to 33-4) in the four corners of the grid of four measures of the central part which consists of electrodes 32 of the grid mold ladder electrode 31 with a coaxial cable 15 through the adjustment machine 17 from RF generator 16, and the feeding point 33 (33-1 to 33-4) is attached to them for a part not for a periphery but near a center an electrode 31 by this example. Moreover, the coaxial cable 15 is attached from the background of the grid mold ladder electrode 31 at the feeding point 33, and is impressing 60MHz and the VHF band RF of 150W.



[0110] The film was produced by generating a sink and the plasma in the discharge section in the mono silane like the 1st example. As shown in drawing 14, the film production velocity distribution was able to become less than \*\*20%, and was able to obtain the engine performance which can be somehow used for the system. However, the plasma near the feeding point tended to become strong with VHF band RF input increase, and also had a possibility that homogeneity might get worse, in the input beyond 150W.

[0111] According to this example, as a ladder electrode, even if it used the grid mold, it was shown that the same homogeneity as the ladder mold electrode of a water flat bar mold is acquired. Moreover, even if it attached the feeding point near the center, it was able to change so much with the case where it attaches in the periphery of the 1st example, and was able to twist, and homogeneity was able to be acquired. However, in comparatively the low input to about VHF band RF input 150W, this is restricted.

[0112] [7th example] drawing 15 is the detail drawing of one example of the electric supply section to a ladder electrode, and is one suitable example of the gestalt of the 2nd operation. Drawing 16 is the important section side elevation. In the 1st example, the feeding point only \*\*\*\*ed and carried out the stop of the central conductor of a coaxial cable to the feeding point. 60MHz and about 150W, since generating of the unnecessary plasma of the circumference of the cable near the feeding point was not remarkable, good homogeneity film production was completed.

[0113] This example performed high-frequency power to supply by 100MHz and 200W in the same configuration as the 1st example. Generating of powder was seen, while strong corona discharge-like discharge arose and fear of aggravation of a film production velocity distribution was in the surroundings of a central conductor, and the surroundings of shielding, when it was electric supply structure like the 1st example at this time.

[0114] Then, it is the metal connector 101 of 10mm [ of sizes ] phi first to the central conductor (it is not visible by a diagram) of a coaxial cable. A caulking stop is carried out and it is a screw 102 to the feeding point 13 of electrode 12b of the ladder electrode 11 about the end. It fixed. All of ladder electrode 12b with the feeding point 13 and electrode 12a of the circumference of it are size 6mmphi. this metal connector 101 the unreserved part which considers as die length of 2.5cm and does not roll an insulating material -- 2cm -- carrying out -- termination metal 102 by the side of a coaxial cable 15 from -- a 5mm part -- circular ring insulating material 103 It attached. termination metal 104 of ground shielding 15a of a coaxial cable 15 from -- distance (a) by the feeding point 13 of the ladder electrode 11 was set to 2.5cm.

[0115] Metal connector 101 And the coaxial cable 15 was attached so that it might become perpendicular to the ladder electrode 11 in the opposite side (background) the substrate 25 side of the ladder electrode 11.

[0116] moreover, this example -- setting -- the ground shielding 29 to metal connector 101 up to -- the minimum distance (b) was set to 3cm.

[0117] When producing a film by the VHF band RF using a ladder electrode, the homogeneous aggravation by the plasma produced near the feeding point to a ladder electrode poses a problem. There are three of thing \*\*s attached to the perimeter of ground shielding of what produced around the metal connector which connects at \*\* feeding point as plasma produced near the feeding point, the thing to attach to the perimeter of the termination metal of ground shielding of \*\* coaxial cable, and \*\* coaxial cable.

[0118] By having made thicker than the size of the ladder electrode near the electric supply section the size of a metal connector which ties the central conductor of the feeding point 13 and a coaxial cable 15, the concentration electric field around a metal connector became weaker than the concentration electric field of the perimeter of a ladder electrode, the plasma of the perimeter of a metal connector became weaker than the plasma of the perimeter of a ladder electrode, and the effect on a film production rate became small. Since a central conductor is thin when a central conductor is connected as it is, electric field concentrated, the strong plasma occurred around the central conductor, and powder has been generated.

[0119] The termination metal section 104 of ground shielding 15a of the feeding point 13 and a coaxial cable 15 It is the termination metal section 104 of ground shielding by taking distance (a) 2cm or more preferably at least 1cm or more. The plasma produced around became weak. This is the termination metal 104 of the ladder electrode 11 of high potential, and ground shielding of ground potential. Since distance became far, it thinks because the electric field produced in the meantime became weak. In addition, when distance (a) is set to 1cm or less, it is the termination metal 104 of ground shielding. The plasma occurs around, powder is generated and it is not desirable.

[0120] Moreover, a coaxial cable 15 and the metal connector 101 Since it attached in the direction which intersects perpendicularly with the ladder electrode 11 from the background (a substrate 25 and opposite side) of the ladder electrode 11, it is the metal connector 101. While the surrounding electric field of shielding of a coaxial cable 15 became weak and the very thing became weak in the strength of the plasma attached to the surroundings of shielding of a coaxial cable 15, these plasma became comparatively far from a substrate, and the effect on a film production velocity distribution became small. In addition, if whenever [ setting angle / of the ladder electrode 11 and a coaxial cable 15 ] is made into 45 degrees or less, the surrounding plasma of shielding of a coaxial cable 15 becomes strong, and is not desirable.

[0121] moreover, the ground shielding 29 to metal connector 101 up to -- setting distance (b) to 2cm or more preferably at least 1cm or more -- metal connector 101 The plasma which stands between the ground shielding 29 could be controlled, and effect on a film production velocity distribution was able to be lessened. in addition, by 1cm or less, the plasma becomes [ distance (b) ] strong, and powder \*\*\*\*\* -- it is not desirable.

[0122] [8th example] drawing 17 is the sectional view of one example of the electric supply section to a ladder electrode, and is one suitable example of the gestalt of the 3rd operation. Drawing 18 is the A section enlarged drawing. In this example, the ladder electrode 11, a substrate 25, the substrate heater 26, and the ground shielding 29 were installed like the example 1. Moreover, metal connector 201 made with SUS304 rod of the 6mm of the same diameters as rod 12a which constitutes the ladder electrode 11 at the feeding point 13 of the ladder electrode 11 It \*\*\*\*\* and is 200. It fixed. Metal connector 201 Although copper, aluminum, etc. with conductivity higher than the product made from stainless steel could be used, in order to suppress generating of an impurity here, it considered as the product made from SUS304.

[0123] in addition -- although the pan-head machine screw was used as \*\*\*\* in the example mentioned above -- 120MHz of this time since concentration of discharge was seen on the frequency -- this example -- \*\*\*\*\*ing -- 200 \*\*\*\*\* -- using the pan machine screw, as a screw head did not protrude, this was canceled.

[0124] Moreover, at this example, it is the metal connector 201. It is an insulating material 202 about a perimeter. It covered. Insulating material 202 A bore is the metal connector 201. It was made thicker 1mm than an outer diameter, the clearance (s) was set to 0.5mm, and the outer diameter was set to 20mmphi. Insulating material 202 A bore and metal connector 201 When there was 3mm or more of clearances between outer diameters (s), it was checked that discharge arises in this clearance in 60MHz and the input beyond 200W. However, in 120MHz and 200W, a clearance (s) did not produce discharge in 0.5mm like this example. Moreover, insulating material 202 The plasma same and local on this periphery in 60MHz and the input beyond 200W occurred that an outer diameter was below 10mmphi. However, insulating material 202 In 120MHz and 200W, an outer diameter did not produce discharge in 20mmphi.

[0125] As shown in drawing 17 , at this example, it is the metal connector 201. Insulating material 202 Receptacle 203 prepared in the ground shielding 29 as it was It considered as the structure which it lets pass. Connector 204 attached at the tip of a coaxial cable 15 at this part It connected.

[0126] Moreover, central conductor 205 of a coaxial cable 15 At a tip, it is the jack connector 206. A caulking stop is carried out and it is the metal connector 201. It inserted in. On the other hand, ground shielding 15a of a coaxial cable 15 is the tip ring 207. It welds and is the spring ring 208. Connector 204 Cap nut 209 Receptacle 203 of the ground shielding 29 It connected.

[0127] Moreover, jack connector 206 An outer diameter is the metal connector 201. It is made the same as an outer diameter, and is an insulating material 202. The clearance (s) between bores was set to 0.5mm. Receptacle 203 Connector 204 The interior of the weld zone to constitute is an insulating material 202. It considered as the stuffed structure and distance between the walls of all clearances was set to 0.5mm. When there was 3mm or more of clearances (s), discharge arose by 60MHz and more than 200W. 120MHz and 200W did not discharge in 0.5mm.

[0128] In the 7th example, even if it was high frequency and large power (for example, 100MHz, 200W), the uniform film production velocity distribution was acquired. This was because the unnecessary plasma became weak and the effect on film production decreased. Moreover, having attached the electric supply section to the substrate and the periphery of an electrode which does not counter in the 7th example is also the factor which had little effect.

[0129] By the electric supply approach of of the case where it attaches near the center of an electrode and the 7th example which counter with a substrate, the homogeneity of a film production rate got worse like

arrangement of the 6th example on the occasion of high-frequency large power. Moreover, when high-frequency-izing and large power-ization (for example, 120MHz, 200W, etc.) were performed further, while the film production velocity distribution got worse, generating of powder also produced arrangement of the 1st example.

[0130] At this example, it is an insulating material 202 to the surroundings of the metal connector of the electric supply section. It is the metal connector 201 by installing. The surrounding plasma was abolished completely and homogeneous aggravation of a film production rate was prevented.

[0131] Moreover, connector 201 Receptacle 203 If a large opening is between the central conductor of the connection circles section, and external shielding, since the plasma will occur into the part, it is an insulating material 202. It installed and plasma generating was prevented by narrowing an opening.

[0132] It sets to this example and is an insulating material 202. Metal connector 201 A perimeter or connector 201 Receptacle 203 The reason for having the effectiveness of discharge prevention in the connection circles section is as follows. Since a current cannot flow easily for an insulating material under direct-current electric field, the discharge current is controlled and discharge stops being able to happen easily. However, since a current flows also for an insulating material according to the displacement current, there is no control of discharge by this effectiveness under RF electric field. The effectiveness of an insulating material here is losing the discharge volume by losing space with the discharging mono-silane gas. direct-current electric field -- it is not the \*\*\*\*\* effectiveness about the discharge current as follows. Therefore, with a thin insulating material, it is ineffective.

[0133] metal connector 201 Surrounding insulating material 202 \*\*\*\* -- although the cylinder was used this time, in this invention, it is not limited at all and what the vena contracta attached like the thing of a square shape and an insulator can be used suitably.

[0134] Metal connector 201 Surrounding insulating material 202 Although it is good to lose a clearance (s) completely ideally about the bore inside, heat expansion and manufacture precision are considered actually and few crevices are required. In high frequency discharge, since there was a field which does not carry out dielectric breakdown when it was a sufficiently thin crevice below sheath thickness, this was used. By this example, it thinks from an experimental result, and it is thought by it that the range shown in the example of an experiment is located in such range.

[0135] Moreover, insulating material 202 Although the thicker possible one of an outer diameter is good in order to reduce the space which can discharge, if it is made not much thick, the main stroke of a ladder electrode will also be affected, and the homogeneity of a film production velocity distribution will be influenced. The range shown in the example of an experiment prevents unnecessary plasma generating of the perimeter of a connector, and is considered to be the range which does not influence a main stroke.

[0136] The connector receptacle connection circles section packed the insulating material, and lost the space which can discharge so that the insulating material inside and an outside might become a sufficiently thin crevice for discharge control. When a clearance was too large and discharge arose, powder was generated, and the insulation resistance between a central conductor and a ground got worse, and it connected too hastily.

[0137] Moreover, while ground shielding of a ladder electrode and ground shielding of the transmission line (this example coaxial cable) short-circuited, the potential difference was lost and generating of the unnecessary plasma of the circumference of ground shielding of the transmission line was suppressed by using anchoring of the transmission line as a connector receptacle connection mold, anchoring of the transmission line at the time of a maintenance and removal became easy.

[0138] [9th example] drawing 19 is the conceptual diagram of the power division approach of the 9th example, and is one suitable example of the gestalt of the 4th operation. Drawing 20 is a conceptual diagram to show the effectiveness of this example. As shown in drawing 19, the ladder electrode 11 of this example is supplied with the coaxial cable 73 through the adjustment machine 72 from RF generator 71. The output connector of said adjustment machine 72 is N type, and has connected the coaxial cable 73 there. A coaxial cable 73 is 10D-2V cable with a characteristic impedance of 50 ohms, and set die length to 1m. The both ends of a coaxial cable 73 were used as the N type connector, and divided the tip side into the N type T adapter 74 at two bonds. Two 10D-2V cables 75 with a characteristic impedance of 50 ohms were connected to this. These both ends also divided the tip side into a total of four by two more N type T adapters 76 by the N type connector. A total of four 10D-2V cables 77 with a characteristic impedance of 50 ohms was further connected to these. Cable die

length was set to 20cm, respectively. These both ends also attached the tip in a total of four flanges 78 with an N type connector attached in the wall surface of a discharge chamber (not shown) by the N type connector, respectively. Within the discharge chamber, it connected at the four feeding points 13 (13-1 to 13-4) of the ladder electrode 11 using a total of four coaxial cables 79 for vacuums, respectively. Die length was set to 90cm, respectively.

[0139] First, the die length of two coaxial cables 75 of a part divided into two was set to 60cm, respectively. Die length here says even the junction inside the N type T adapter 76 through a coaxial cable 75 from the junction of the N type T adapter 74 interior. And matching was taken with the adjustment vessel 72 and 100MHz and the VHF band RF of 200W were supplied. SiH<sub>4</sub> When the film was produced by flow rate 200sccm and pressure 80mTorr, the amorphous silicon has produced the film to homogeneity by 6.5A/s in film production rate.

[0140] Next, matching was similarly taken for the die length of two coaxial cables 75 of a part divided into two as 50cm, respectively, and the ultrahigh frequency of 100MHz and 200W was supplied. Similarly it is SiH<sub>4</sub>. When the film was produced by flow rate 200sccm and pressure 80mTorr, the amorphous silicon has produced the film to homogeneity by 10.2A/s in film production rate.

[0141] When the die length of a coaxial cable 75 is set to 50cm, the reason whose film production rate improved is as follows. Since 50 ohms and a coaxial cable 75 have [ two ] parallel 50 ohms, and a total of 25 ohms and a coaxial cable 77 have [ four ] parallel 50 ohms, a coaxial cable 73 is 12.5ohm in total.

[0142] When connecting A, B, C, and three distributed constant tracks like drawing 20, they are each characteristic-impedance R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, and R<sub>C</sub>. When the relation of a formula (1) in between shown in "a-one number" is, the reflected wave from \*\* between B-C from \*\* between A-B denies each other that the die length of the part of central B is 1/4 of the RF wavelength lambda, and the reflection from \*\* and \*\* becomes zero seemingly.

[0143]

[Equation 1]

$$R_B = \sqrt{R_A R_C} \quad \dots (1)$$

This principle is called "lambda/4 transformer", for example, is expressed to the 4th advanced-technology reference (Yoshihiro Konishi work "radio circuit introduction lecture" synthesis electronic publishing company p178).

[0144] A formula (2) is realized as a coaxial cable 73 is shown in "a-two number" below also by this example, if B and four coaxial cables 77 are considered to be C for A and two coaxial cables 75.

R<sub>A</sub> = 50, R<sub>B</sub> = 25, R<sub>C</sub> = 12.5 [0145]

[Equation 2]

$$25 = \sqrt{50 \cdot 12.5} \quad \dots (2)$$

Therefore, if two coaxial cables 75 which hit B are 1/4 of wavelength, respectively, the reflected wave in these both ends will be canceled, and it will become zero seemingly.

[0146] When the reflected wave became zero, the part which originates in the branch point of a coaxial cable among the standing waves produced in the power transmission line from the adjustment machine 72 to the ladder electrode 11 is lost. Although current loss and dielectric loss became large since the parts of a high current and the high voltage were made when the standing wave had arisen, these loss was considerably reduced with the above. Therefore, the part lost on the track among the power supplied from the power source decreases, and it is thought that the part supplied to the plasma increased. Thereby, the direction when setting the die length of a coaxial cable 75 to 50cm is considered that the film production rate became quick from the time of being referred to as 60cm also according to the same supply voltage.

[0147] Although the coaxial cable with a characteristic impedance of 50 ohms was used in this example, since the formula (3) shown in following "number 3" is realized even if it uses the distributed constant track of characteristic-impedance R of arbitration, the same effectiveness is expectable by making the die length of two middle distributed constant tracks into lambda/4.

[Equation 3]

$$R_A = R, R_B = R/2, R_C = R/4$$

$$R_B = \sqrt{R_A \cdot R_C} \quad \dots \quad (3)$$

[0148] Moreover, the same approach can be used, also when quadrisectioning the quadrisectioned point further, respectively and dividing it into 16.

[0149]

[Effect of the Invention] Since according to invention of the high-frequency-discharge electrode of [claim 1] it is the discharge electrode of the RF plasma generator to which electric power is supplied through an adjustment machine from an RF generator and is the ladder mold or grid mold discharge electrode which has the feeding point of the high-frequency power of at least two or more points as explained above, the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side can be suppressed sufficiently small, and a uniform film production velocity distribution can be acquired.

[0150] According to invention of [claim 2], make two electrode groups which put two or more electrodes in order in parallel intersect perpendicularly mutually in claim 1, and it comes to arrange. Since it comes to allot the feeding point of high-frequency power to the location of axial symmetry on the basis of the bisector of each side of a high-frequency-discharge electrode, the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side can be suppressed sufficiently small, and a uniform film production velocity distribution can be acquired.

[0151] According to invention of the plasma vacuum evaporation equipment of [claim 3], it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in a reaction container in parallel. Since it is the RF plasma generator which supplies electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine and claim 1 or the discharge electrode of 2 was used for said discharge electrode Even if it can suppress sufficiently small the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side and large-area-izes it, uniform vacuum evaporation is attained.

[0152] Since said electric supply section was prepared in the periphery of a discharge electrode which does not counter a substrate in claim 3 according to invention of [claim 4], even if it can suppress sufficiently small the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side and large-area-izes it, uniform vacuum evaporation is attained.

[0153] According to invention of [claim 5], in claim 3 or 4, since the die length of the power transmission line from an adjustment machine to each feeding point was made equal, the phase of the high-frequency voltage of each feeding point can be made equal, it is unstable, and it can prevent that a standing wave without unity stands, and fine tuning of a feeding point location required in the case of film production rate equalization can make it comparatively easy.

[0154] When the transmission line is connected to the electric supply section of a discharge electrode in claim 3 thru/or 5 according to invention of [claim 6], Since the size of the unreserved metal connector area which is not insulated which connects the power line of the feeding point and the transmission line is made the same as the size of the electrode near the electric supply section at least Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding.

[0155] Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding in claim 3 thru/or 6 according to invention of [claim 7], since distance of the termination metal section of the earth line of the feeding point and the transmission line is set to at least 1 cm or more.

[0156] Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding, since according to invention of [claim 8] anchoring to the discharge electrode of the transmission line is made into a different side from the substrate of a discharge electrode in claim 3 thru/or 7 and whenever [ setting angle ] is made into 45 degrees or more of slant at least.

[0157] Generating of powder can be prevented, while it is canceled that strong corona discharge-like discharge

arises and aggravation of a film production velocity distribution is prevented the surroundings of a central conductor, and around shielding in claim 3 thru/or 8 according to invention of [claim 9], since the minimum distance from the metal part of the power line of the transmission line to a touch-down part is set to at least 1cm or more.

[0158] According to invention of [claim 10], in claim 3 thru/or 9, the metal connector of the electric supply section to a discharge electrode can be abolished with a with a 10mm or more 40mm or less outer diameter insulating material, the plasma of the circumference of a metal connector can be completely abolished by that of a wrap, and homogeneous aggravation of a film production rate can be prevented.

[0159] According to invention of [claim 11], in claim 10, since the clearance between the periphery of a metal connector and the inner circumference of an insulating material is set to 3mm or less, generating of the plasma in the part can be prevented.

[0160] Discharge makes it hard to control the discharge current and to happen, since the electric supply structure to a discharge electrode considers as the discontinuous construction which made the transmission line the structure connected by the connector and the receptacle, and set the connector, the central conductor of the connection circles section of a receptacle, and the clearance between the directions of a path between external shielding to 3mm or less in claim 3 thru/or 11 according to invention of [claim 12] and a current cannot flow easily for an insulating material under direct-current electric field.

[0161] According to invention of [claim 13], it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in a reaction container in parallel. It is the RF plasma generator which supplies electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine. A substrate and the shortest distance measured along with the electrode from all the points of the range which counters to at least one of said the feeding points among the electrode surfaces of said discharge electrode Since the number of the feeding points and the location of the feeding point are set up so that it may become  $1/4$  or less [ of the vacuum medium wave length of a RF ], the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side can be suppressed sufficiently small, and a uniform film production velocity distribution can be acquired.

[0162] According to invention of [claim 14], it comes to arrange a discharge electrode and a substrate support means in a reaction container in parallel. It is the RF plasma generator which supplies electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine. In case RF supply to a discharge electrode is performed by the multipoint, the feeder way which divides one output from a RF source of supply into plurality is a coaxial cable, and this coaxial cable is divided into two., respectively by the die length of the quadrant of the wavelength in the cable of a RF Since it connects with the coaxial cable of the same characteristic impedance as said coaxial cable, the tip is further divided into two, respectively and it divides into plurality by connecting the coaxial cable of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable The part lost in the transmission line among the power supplied from the RF generator will decrease, and the part supplied to the plasma will increase.

[0163] According to invention of [claim 15], in claim 14, the part which a coaxial cable loses in the transmission line among the power similarly supplied from the RF generator as a distributed constant track will decrease, and the part supplied to the plasma will increase.

[0164] According to invention of the electric supply approach of the RF plasma generator of [claim 16] It comes to arrange a ladder mold or a grid mold discharge electrode, and a substrate support means in a reaction container in parallel. Are the electric supply approach of a RF plasma generator of supplying electric power to said discharge electrode in high-frequency power from an RF generator through an adjustment machine, and since electric power is supplied as a multipoint of two or more points, said feeding point The distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side can be suppressed sufficiently small, and a uniform film production velocity distribution can be acquired.

[0165] According to invention of [claim 17], in claim 16, the shortest distance which met by at least one of said the feeding points, and was measured among the electrode surfaces of said discharge electrode from all the points of the range which counters with a substrate Since electric power is supplied setting up the number of the feeding points, and the location of the feeding point so that it may become  $1/4$  or less [ of the vacuum medium wave length of a RF ], the distribution of voltage on the ladder electrode which influences the homogeneity of the discharge distribution on a substrate side can be suppressed sufficiently small, and a uniform film



production velocity distribution can be acquired.

[0166] In case RF supply to a discharge electrode is performed by the multipoint in claim 16 according to invention of [claim 18] The feeder way which divides one output from a high frequency source of supply into plurality is a coaxial cable, and this coaxial cable is divided into two., respectively by the die length of the quadrant of the wavelength in the cable of high frequency It connects with the coaxial cable of the same characteristic impedance as said coaxial cable. Since electric power is supplied dividing the tip into two furthermore, respectively, and dividing into plurality by connecting the coaxial cable of the respectively same characteristic impedance as said coaxial cable The part lost in the transmission line among the power supplied from the RF generator will decrease, and the part supplied to the plasma will increase.

[0167] As mentioned above, according to this invention, a uniform amorphous thin film and a microcrystal thin film can be manufactured, and in the thin film formation which attained large area-ization, thickness can obtain a sufficiently uniform thing (\*\*10% or less), uses for Si system thin film coating technology (for example, manufacture of a solar battery, TFT, etc.), and will become suitable.

---

[Translation done.]



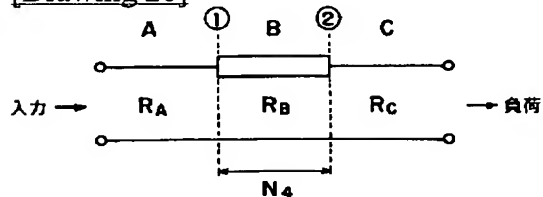
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

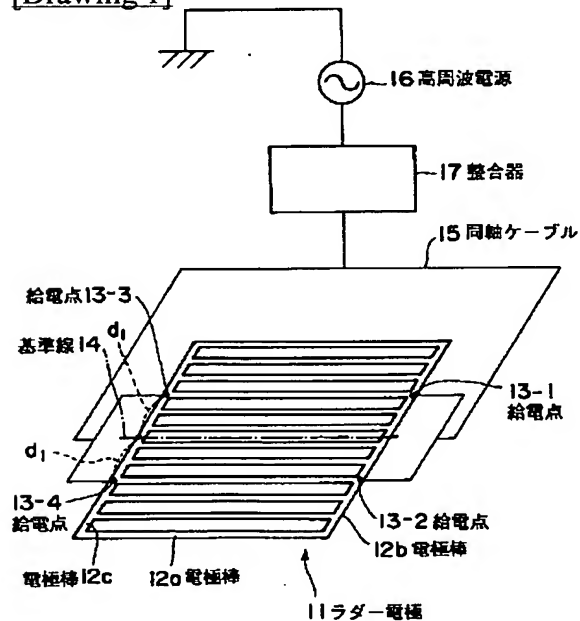
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

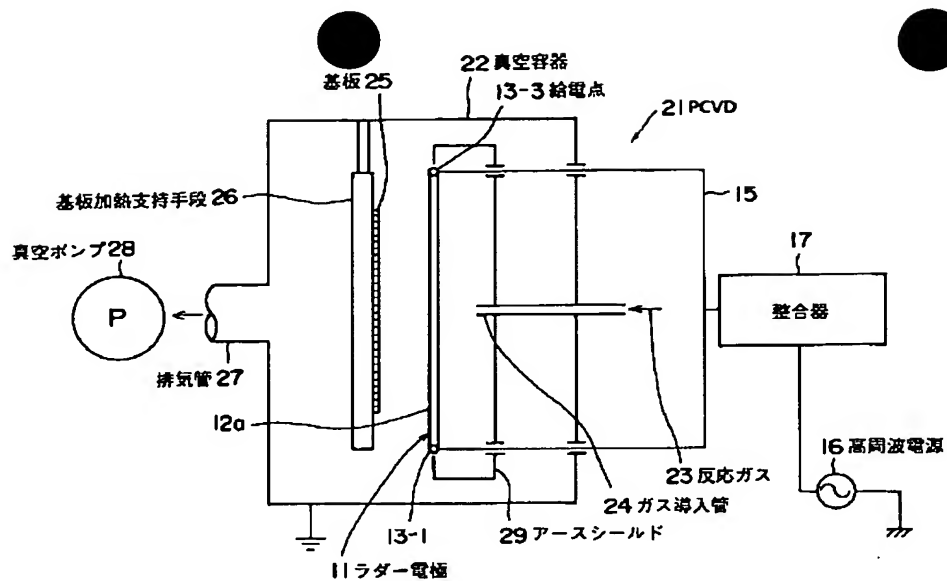
[Drawing 20]



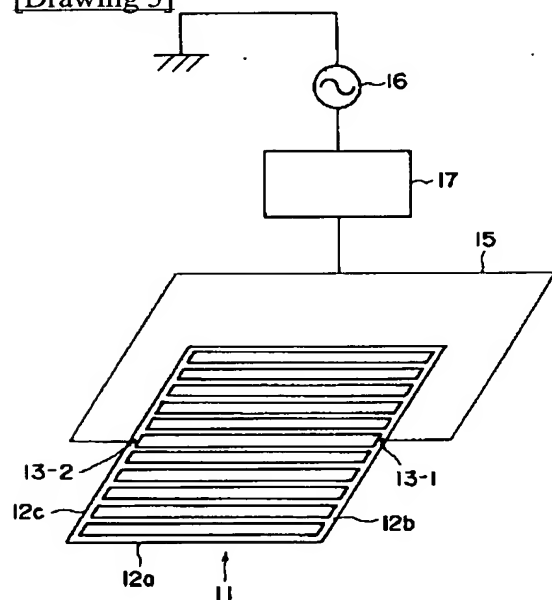
[Drawing 1]



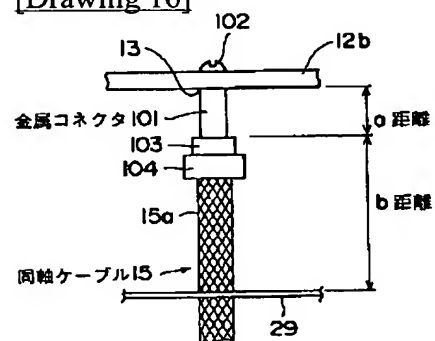
[Drawing 2]



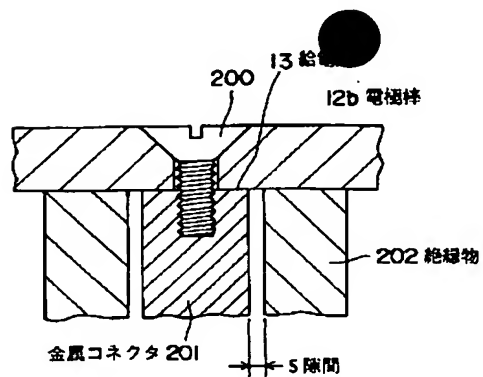
[Drawing 3]



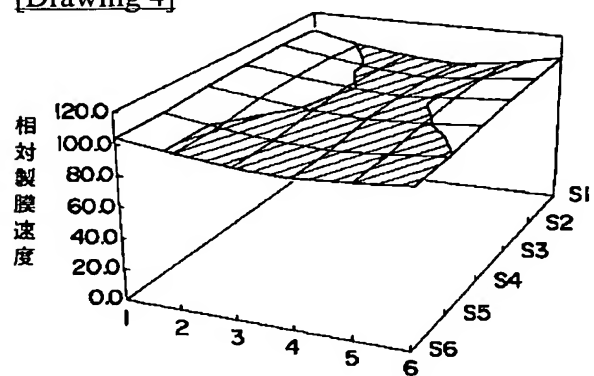
[Drawing 16]



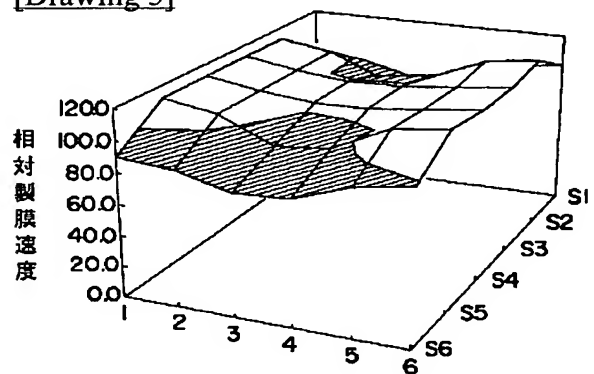
[Drawing 18]



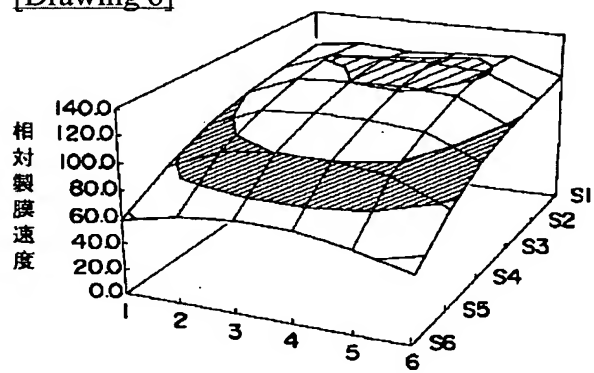
[Drawing 4]



[Drawing 5]

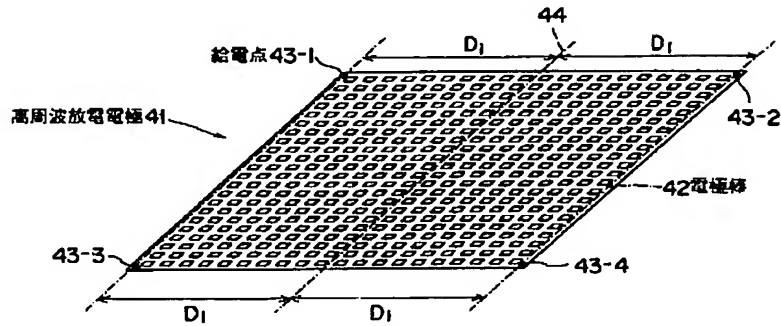


[Drawing 6]

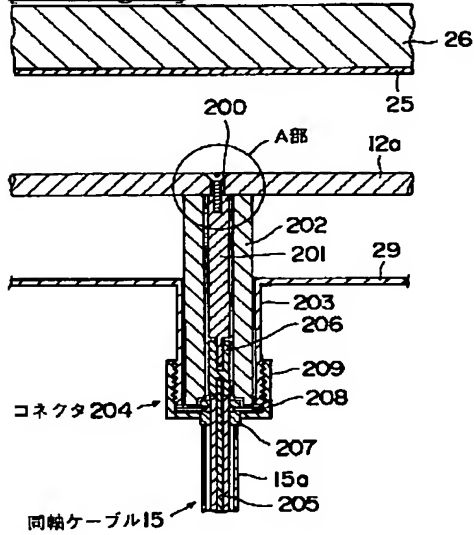


[Drawing 7]

本発明による大面積高周波放電電極の形状と  
給電点配置

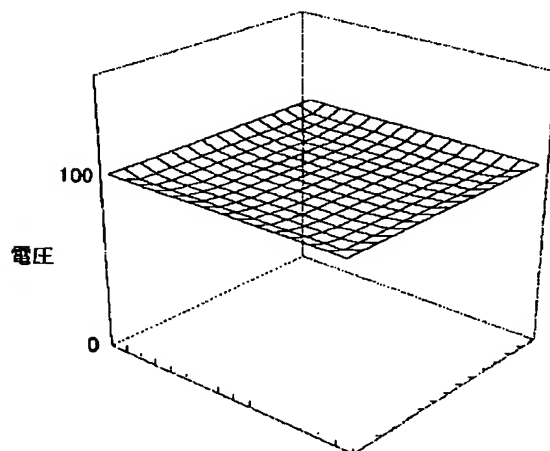


[Drawing 17]



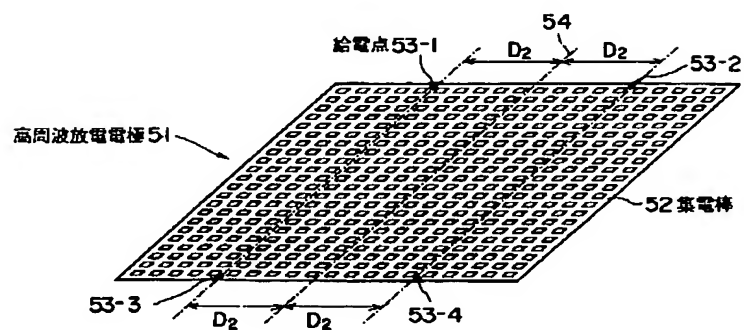
[Drawing 8]

電極形状と給電点配置による電圧分布図



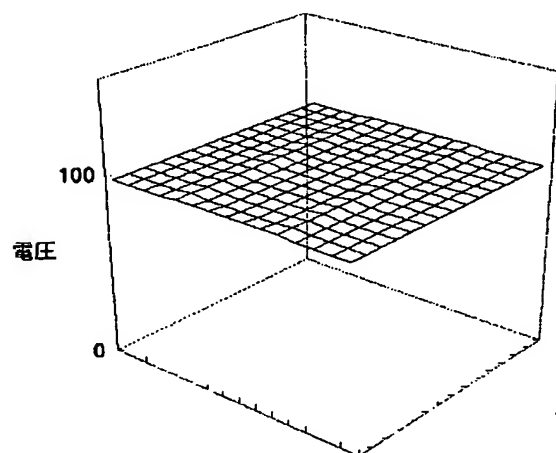
[Drawing 9]

本発明による大面積高周波放電電極の形状と  
給電点配置



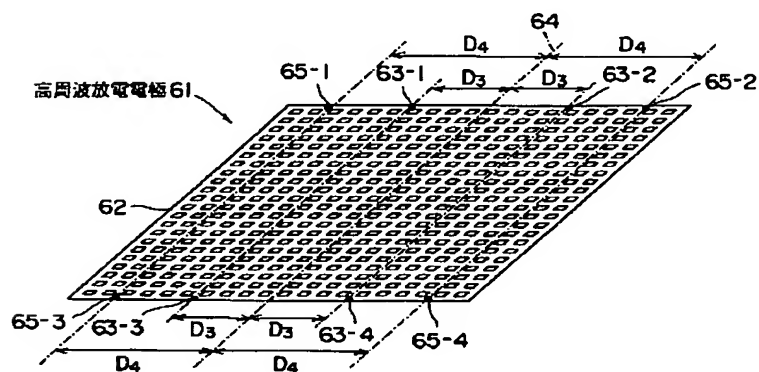
[Drawing 10]

電極形状と給電点配置による電圧分布図

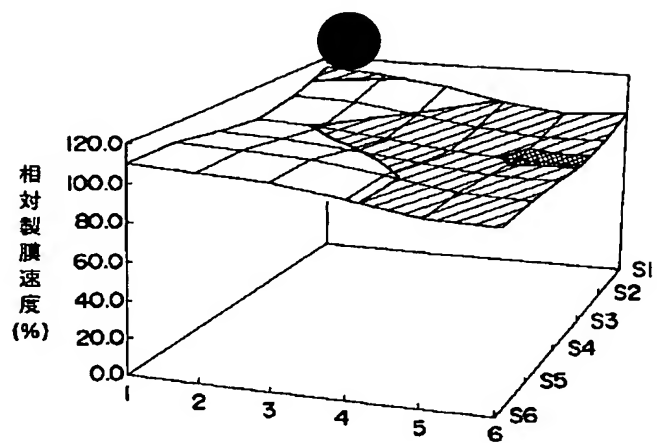


[Drawing 11]

本発明による大面積高周波放電電極の形状と  
給電点配置

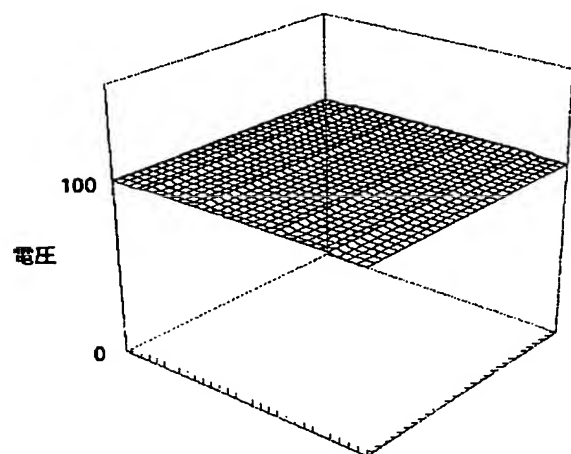


[Drawing 14]

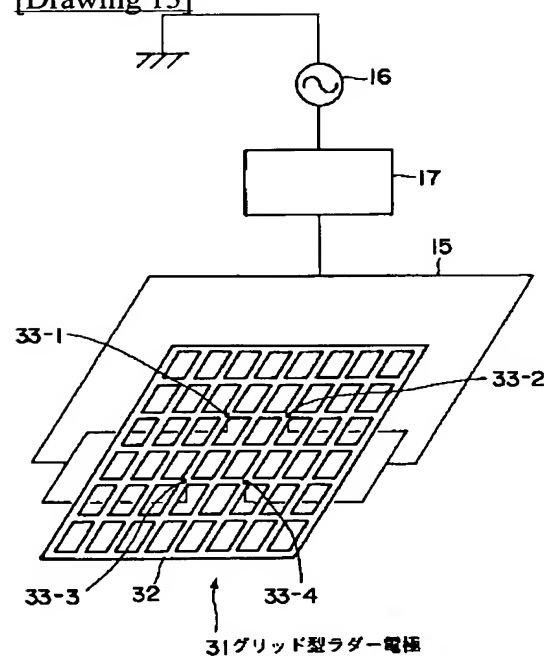


[Drawing 12]

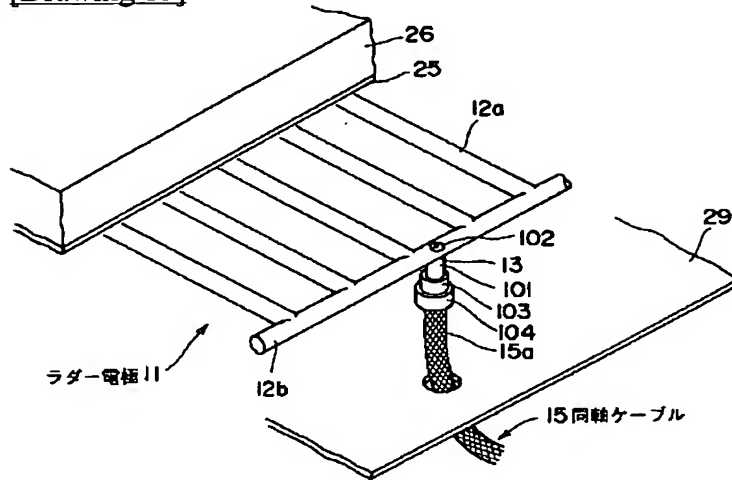
電極形状と給電点配置による電圧分布図



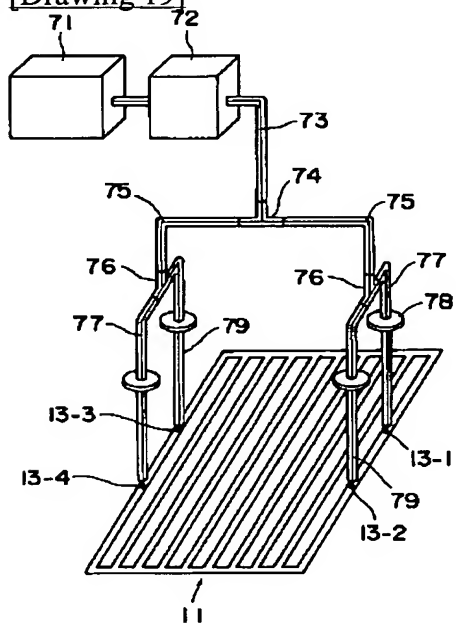
[Drawing 13]



[Drawing 15]

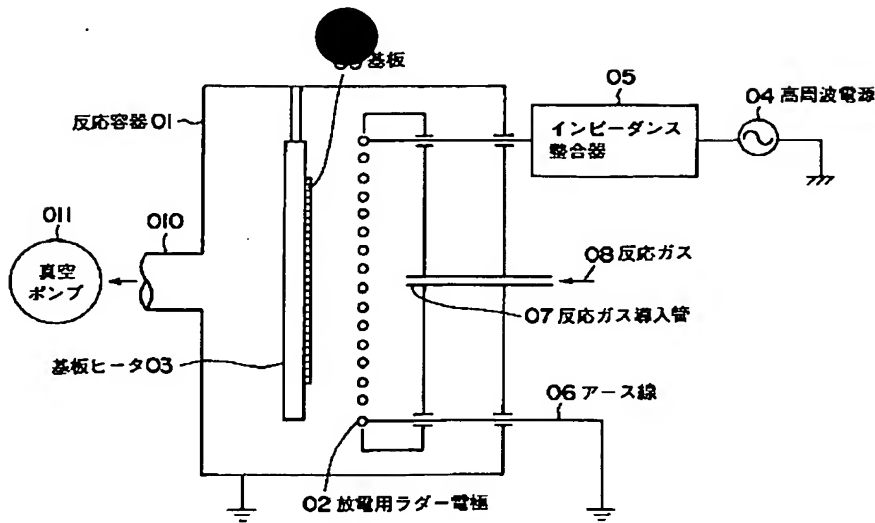


[Drawing 19]

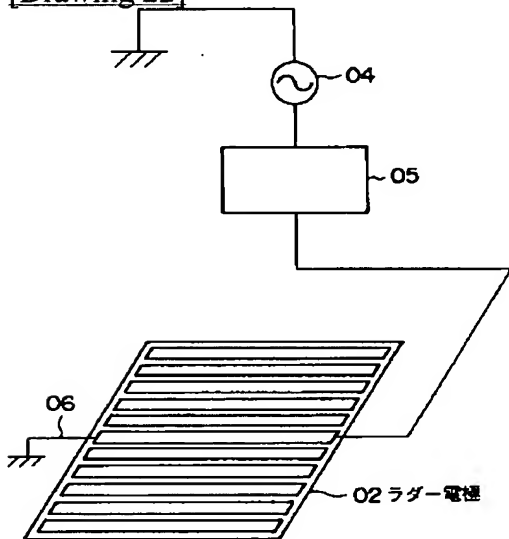


[Drawing 21]

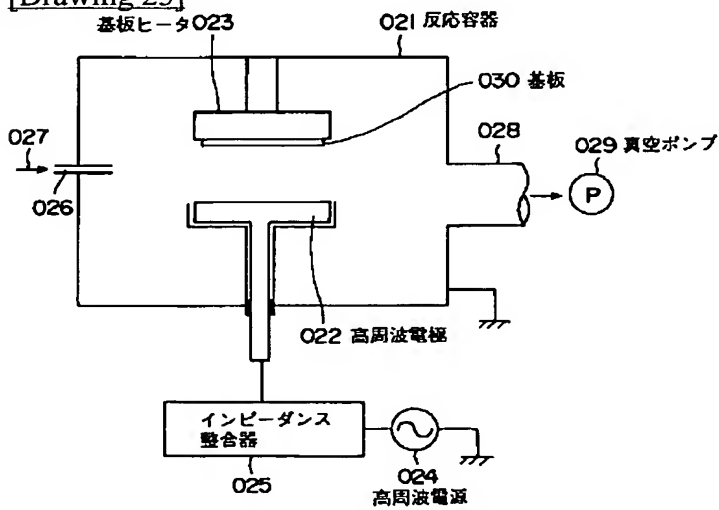




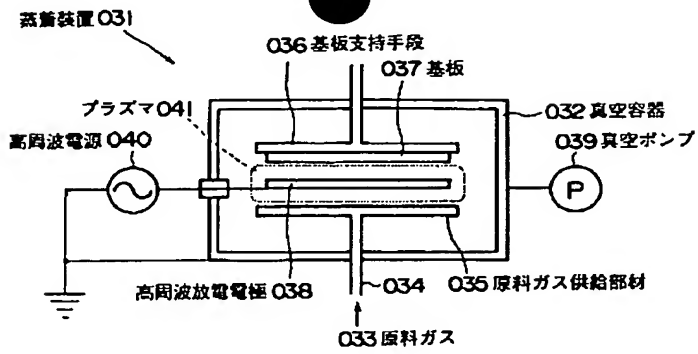
[Drawing 22]



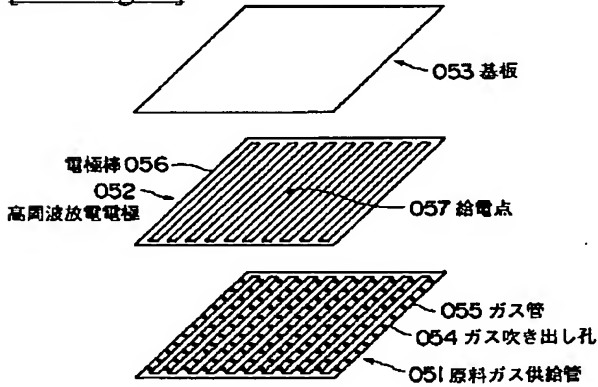
[Drawing 23]



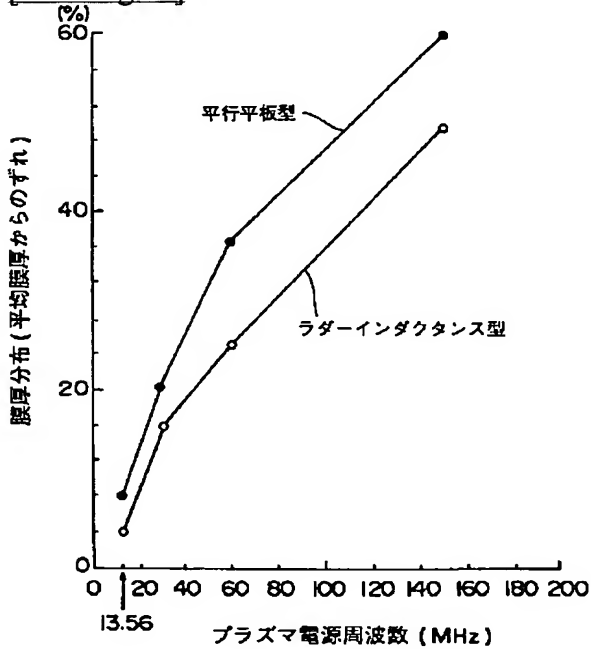
[Drawing 25]



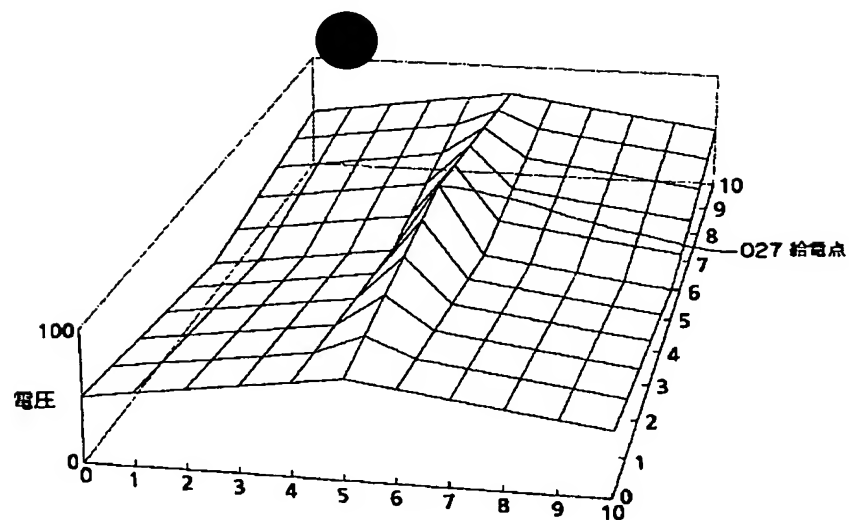
[Drawing 26]



[Drawing 24]



[Drawing 27]



---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CORRECTION OR AMENDMENT**


---

[Kind of official gazette] Printing of amendment by the convention of 2 of Article 17 of Patent Law  
 [Section partition] The 2nd partition of the 7th section  
 [Publication date] June 29, Heisei 13 (2001. 6.29)

[Publication No.] JP,2000-3878,A (P2000-3878A)  
 [Date of Publication] January 7, Heisei 12 (2000. 1.7)  
 [Annual volume number] Open patent official report 12-39  
 [Application number] Japanese Patent Application No. 10-193983  
 [The 7th edition of International Patent Classification]

H01L 21/205  
 C23C 16/50  
 H05H 1/46

[FI]

H01L 21/205  
 C23C 16/50  
 H05H 1/46 L

[Procedure revision]  
 [Filing Date] June 13, Heisei 12 (2000. 6.13)  
 [Procedure amendment 1]  
 [Document to be Amended] Specification  
 [Item(s) to be Amended] 0038  
 [Method of Amendment] Modification  
 [Proposed Amendment]  
 [0038]

[Means for Solving the Problem] Invention of the high-frequency-discharge electrode of [claim 1] which solves said technical problem is characterized by being the discharge electrode of the RF plasma generator to which electric power is supplied through an adjustment machine from an RF generator, and being the ladder mold or grid mold discharge electrode which has the feeding point of the high-frequency power of at least two or more points.

[Procedure amendment 2]  
 [Document to be Amended] Specification  
 [Item(s) to be Amended] 0114  
 [Method of Amendment] Modification  
 [Proposed Amendment]

[0114] Then, it is the metal connector 101 of 10mm [ of sizes ] phi first to the central conductor (it is not visible by a diagram) of a coaxial cable. A caulking stop is carried out and it is a screw 102 to the feeding point 13 of electrode 12b of the ladder electrode 11 about the end. It fixed. All of ladder electrode 12b with the feeding point 13 and electrode 12a of the circumference of it are size 6mmphi. this metal connector 101 the unreserved

part which considers as the length of 2.5cm and does not roll an insulating material -- 2cm -- carrying out -- termination metal 104 by the side of a coaxial cable 15 from -- a 5mm part -- circular ring insulating material 103 It attached. termination metal 104 of ground shielding 15a of a coaxial cable 15 from -- distance (a) by the feeding point 13 of the ladder electrode 11 was set to 2.5cm.

[Procedure amendment 3]

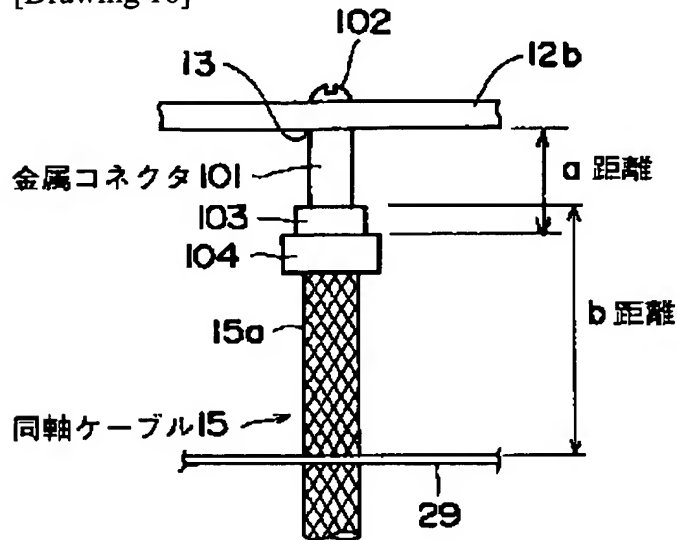
[Document to be Amended] DRAWINGS

[Item(s) to be Amended] drawing 16

[Method of Amendment] Modification

[Proposed Amendment]

[Drawing 16]



[Translation done.]

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H01L 21/205

H01L 21/205

4K030

C23C 16/50

C23C 16/50

5F045

H05H 1/46

H05H 1/46

L

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全23頁)

(21) 出願番号 特願平10-193983

(22) 出願日 平成10年 7 月 9 日 (1998. 7. 9)

(31) 優先権主張番号 特願平10-104357

(32) 優先日 平成10年 4 月 15 日 (1998. 4. 15)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号

(72) 発明者 山越 英男

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目 8 番地 1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72) 発明者 山口 賢剛

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目 8 番地 1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(74) 代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外 2 名)

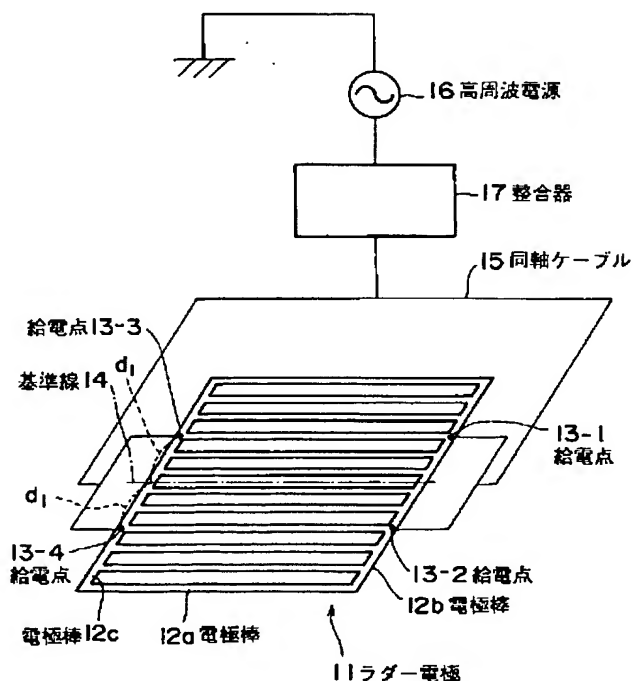
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 放電電極及びそれを用いた高周波プラズマ発生装置並びに給電方法

(57) 【要約】

【課題】 膜厚が均一な非晶質薄膜及び微結晶薄膜を製造することができるプラズマ蒸着装置及びそれに用いる高周波放電電極を提供する。

【解決手段】 複数の電極棒 12a を平行に並べ、その両端を電極棒 12b, 12c でつないで、梯子状の電極を構成してなり、給電点 13 (13-1 ~ 13-4) を高周波放電電極 11 の一边の二等分線を基準線 14 として線対称の所定の距離に配置してなり、放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができ、大面積化しても均一な蒸着が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高周波電源より整合器を介して給電される高周波プラズマ発生装置の放電電極であって、少なくとも 2 点以上の高周波電力の給電点を有するラダー型又はグリッド型放電電極であることを特徴とする放電電極。

【請求項 2】 請求項 1 において、複数の電極棒を平行に並べた電極棒群を 2 つ互いに直交させて配置してなり、高周波電力の給電点が高周波放電電極の各辺の二等分線を基準として線対称の位置に配されてなることを特徴とする放電電極。

【請求項 3】 反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極に請求項 1 又は 2 の放電電極を用いたことを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 4】 請求項 3 において、基板に対向しない、放電電極の周辺部に前記給電部を設けたことを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 5】 請求項 3 又は 4 において、整合器から各給電点までの電力伝送線路の長さを等しくすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 6】 請求項 3 乃至 5 において、伝送線路を放電電極の給電部に接続する際、給電点と伝送線路のパワーラインを結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタ部の太さを、給電部付近の電極棒の太さと少なくとも同じにすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 7】 請求項 3 乃至 6 において、給電点と伝送線路のアースラインの終端金属部の距離を、少なくとも 1 cm 以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 8】 請求項 3 乃至 7 において、伝送線路の放電電極への取付けを、放電電極の基板とは異なる側とし、その取付け角度を少なくとも斜め 45° 以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 9】 請求項 3 乃至 8 において、伝送線路のパワーラインの金属部分から接地部分までの最短距離を、少なくとも 1 cm 以上とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 10】 請求項 3 乃至 9 において、放電電極への給電部の金属コネクタを、外径 10 mm 以上 40 mm 以下の絶縁物で覆うことを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 11】 請求項 10 において、金属コネクタの外周と絶縁物の内周の隙間を、3 mm 以下とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 12】 請求項 3 乃至 11 において、放電電極への給電構造が、伝送線路をコネクタとレセプ

タクルとで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向の隙間を 3 mm 以下とした絶縁構造とすることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 13】 反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも 1 つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の  $1/4$  以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定することを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 14】 反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを 2 分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の  $4$  分の  $1$  の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ 2 分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割することを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 15】 請求項 14 において、同軸ケーブルが分布定数線路であることを特徴とする高周波プラズマ発生装置。

【請求項 16】 反応容器内にラダー型又はグリッド型放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置の給電方法であって、前記給電点を 2 点以上の多点として給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法。

【請求項 17】 請求項 16 において、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも 1 つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の  $1/4$  以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定しつつ給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法。

【請求項 18】 請求項 16 において、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを 2 分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の  $4$  分の  $1$  の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ 2 分割し、それぞれ前記



同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割しつつ給電することを特徴とする高周波プラズマ発生装置の給電方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 太陽電池や薄膜トランジスタ等に用いられるアモルファスシリコン、微結晶シリコン、多結晶シリコン、窒化シリコン等の半導体の製膜や、半導体膜のエッチングに用いられる高周波プラズマ発生装置の放電電極形状と給電方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 前記高周波プラズマ発生装置の一例としてアモルファスシリコン（以下、「a-Si」という。）薄膜や窒化シリコン（以下、「SiNx」という。）薄膜を製造するために、従来より用いられているプラズマ化学蒸着装置（以下、「PCVD」又は「蒸着装置」という。）の構成について、2つの代表的例について説明する。すなわち、放電発生に用いる電極として、①ラダー電極を用いる方法及び②平行平板電極を用いる方法について以下に説明する。

【0003】 ① まず、ラダー電極を用いる方法については、特開平4-236781号公報には、はしご状平面形コイル電極として各種形状の電極を用いたプラズマCVD装置が開示されている。本方法の代表的な構成を示す図21を用いて説明する。図21に示すように、このPCVD装置は、反応容器01内に放電用ラダー電極（以下、「ラダー電極」という。）02と基板加熱用ヒータ03とが平行に配置されており、前記放電用ラダー電極02には、高周波電源04からインピーダンス整合器05を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給されている。前記放電用ラダー電極02は、その斜視図をあらわす図22に示すように、ラダー電極02の一端には、インピーダンス整合器05を介して高周波電源04が接続されており、ラダー電極02の他端には、アース線06が接続されており、図21に示す反応容器01とともに接地されている。

【0004】 前記放電用ラダー電極02に供給された高周波電力は、反応容器01内に配設された基板加熱用ヒータ03と放電用ラダー電極02との間にグロー放電プラズマを発生させ、放電用ラダー電極02のアース線06を介してアースへ流れる。なお、このアース線06には同軸ケーブルが用いられている。

【0005】 前記反応容器01内には、図示しないボンベから反応ガス導入管07を通して、例えばモノシランと水素との混合ガスが反応ガス08として供給される。供給された反応ガス08は、放電用ラダー電極02により発生したグロー放電プラズマにより分解され、基板加熱用ヒータ03上に保持され、所定の温度に加熱された基板09上に堆積する。また、反応容器01内のガスは、排気管010を通して真空ポンプ011により排気

される。

【0006】 以下、前記装置を用いて基板に薄膜を製造する場合について説明する。図21に示すように、真空ポンプ011を駆動して反応容器01内を排気した後、反応ガス導入管07を通して、例えば、モノシランと水素との混合ガスを反応ガス08として供給し、反応容器01内の圧力を0.05～0.5Torrに保つ。この状態で、高周波電源04から放電用ラダー電極02に高周波電力を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガス08は、放電用ラダー電極02と基板加熱用ヒータ03間に生じるグロー放電プラズマによって分解され、この結果SiH<sub>3</sub>、SiH<sub>2</sub>などのSiを含むラジカルが発生し、基板09表面に付着してa-Si薄膜が形成される。

【0007】 ② 次に、放電発生に用いる電極として平行平板電極を用いる方法について図23を参照して説明する。図23に示すように、反応容器021内に高周波電極022と基板加熱用ヒータ023とが平行に配置されている。前記高周波電極022には、高周波電源024からインピーダンス整合器025を介して例えば13.56MHzの高周波電力が供給される。基板加熱用ヒータ023は、反応容器021とともに接地され、接地電極となっている。従って、高周波電極022と基板加熱用ヒータ023との間でグロー放電プラズマが発生する。

【0008】 前記反応容器021内には図示しないボンベから反応ガス導入管026を通して例えばモノシランと水素との混合ガスが反応ガス027として供給される。反応容器021内のガスは、排気管028を通して真空ポンプ029により排気される。基板030は、基板加熱用ヒータ023上に保持され、所定の温度に加熱される。

【0009】 上述した構成の装置を用いて、以下のようにして薄膜を製造する。図23に示すように、真空ポンプ029を駆動して反応容器021内を排気する。次に、反応ガス導入管026を通して例えばモノシランと水素との混合ガスを反応ガス027として供給し、反応容器021内の圧力を0.05～0.5Torrに保ち、高周波電源023から高周波電極022に電圧を印加すると、グロー放電プラズマが発生する。反応ガス導入管026から供給された反応ガス027のうち、モノシランガスは高周波電極022と基板加熱用ヒータ023との間に生じるグロー放電プラズマによって分解される。この結果、SiH<sub>3</sub>、SiH<sub>2</sub>等のSiを含むラジカルが発生し、基板030表面に付着して、a-Si薄膜が形成される。

##### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、放電発生に用いる電極として、①ラダー電極を用いる方法及び②平行平板電極を用いる従来の方法は、いずれも次のよ

うな問題を有している。

① 図 21 において、ラダー電極 02 近傍に発生した電界により反応ガス（例えば  $\text{SiH}_4$ ）08 は、 $\text{Si}$ 、 $\text{SiH}$ 、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{SiH}_3$ 、 $\text{H}$ 、 $\text{H}_2$  等に分解され、基板 09 の表面に  $\text{a-Si}$  膜を形成する。しかしながら、 $\text{a-Si}$  膜形成の高速化を図るため、高周波電源の周波数を現状の 13.56 MHz より、30 MHz ないし 300 MHz（超高周波帯 Very High Frequency 以下 VHF 帯）へ高くすると、ラダー電極 02 近傍の電界分布が一様性がくずれ、その結果として、基板 09 に成膜される  $\text{a-Si}$  膜の膜厚分布が極端に悪くなる、という問題がある。

【0011】図 24 は、ラダー電極 02 を用い、基板面積 30 cm × 30 cm でのプラズマ電源周波数と膜厚分布（平均膜厚からのずれ）との関係を示す。膜厚分布の

主な周波数に於ける各種波長

周波数 (MHz)	真空中波長 (m)	同軸ケーブル中波長 (m)	同軸ケーブル中の定在波節間隔 (m)
13.56	22.1	14.8	7.4
60	5.0	3.4	1.7
100	3.0	2.0	1.0
200	1.5	1.0	0.5

【0014】したがって、大面積電極では、定在波の影響で生じる電圧分布のために、電極近傍の電界分布が不均一となり放電が不均一になる。この様子は第 1 の先行技術文献（J. Appl. Phys. 54(8), 1983. p.4367）に記されている。この文献では一次元の定在波分布による放電の不均一性が記されており、ラダー電極でも電極棒 1 本 1 本について、このような不均一性が生じると考えられる。

【0015】また図 22 に示すアース線 06 は、その長さが「表 1」に示す波長と同程度となるため、アースとして働かず、波長の 1/4 で開放端、1/2 で短絡端として働き、電圧・電流分布を左右してしまう。さらに、VHF 帯では、電極と周囲の構造物、アース板などとの間に生じる浮遊容量や、電極棒に沿った残留インダクタンスなどによる電圧・電流分布が無視できなくなり、均一性が悪化する。

【0016】例えば数十 cm の電極棒は数 nH のインダクタンスを持っており、100 MHz ではこれは数 Ω のインピーダンスに相当し、同じく数 Ω のプラズマインピーダンスと較べて無視できない。

【0017】さらに、VHF 帯では表皮効果により電流が流れにくくなり、100 MHz で 1 m 当り 0.5 Ω 程度の抵抗値となり、放電の不均一性及び電流損失の原因となる。

【0018】以上のような原因で放電が不均一になるた

一様性（±10%以内）を確保できる基板の大きさ即ち面積は 5 cm × 5 cm ないし 20 cm × 20 cm 程度である。

【0012】ラダー電極 02 を用いる方法の VHF 帯での均一製膜が困難な理由は次の通りである。VHF 帯の波長は表 1 に示すとおり、真空中で 1 ~ 10 m で、製膜装置の回路のサイズと同等オーダーである。電力の伝送に用いられる同軸ケーブルや、ラダー電極など、分布定数線路中ではさらに波長が短くなり、同軸ケーブルの場合、波長は 0.67 倍に短くなる。回路内にインピーダンス不整合が存在して反射がおきる場合、定在波が立つが、その節、腹の間隔は、線路波長の 1/2 である。

【0013】

【表 1】

め、均一な製膜は困難である。従って、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は非常に困難である。なお、 $\text{a-Si}$  の成膜速度はプラズマ電源周波数の 2 乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化している。さらに、大面積化への成功例はまだない。

【0019】また、ラダー電極 02 への給電では、従来 13.56 MHz を用いていた際には市販同軸ケーブルの中心導体をラダー電極の棒にねじ止めするだけで特に問題なかったが、VHF 帯でのプラズマ発生では、中心導体、同軸ケーブルのアースシールド周辺に、不必要で強いプラズマが発生する。特にハイパワー時にはかなり強いプラズマが局所的に発生する。このプラズマにより給電点付近の製膜速度が局所的に速くなってしまったり、膜質が低下したり、場合によっては粉が発生してしまう、という問題がある。

【0020】② 図 23 において、高周波電極 022 と基板加熱用ヒータ 023 との間に発生する電界により、反応ガス（例えば  $\text{SiH}_4$ ）は、 $\text{Si}$ 、 $\text{SiH}$ 、 $\text{SiH}_2$ 、 $\text{SiH}_3$ 、 $\text{H}$ 、 $\text{H}_2$  等に分解され、基板 030 の表面に  $\text{a-Si}$  膜を形成する。しかしながら、 $\text{a-Si}$  膜形成の高速化を図るため、高周波電源 022 の周波数を現状の 13.56 MHz より、VHF 帯へ高くすると、高周波電極 022 と基板加熱用ヒータ 023 間に発生する電

界分布の一様性がくずれ、その結果として、 $a-Si$  膜の膜厚分布が極端に悪くなる。

【0021】図24は、平行平板型電極022を用い、基板面積 $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ でのプラズマ電源周波数と膜厚分布（平均膜厚からのずれ）の関係を示す特性図である。膜厚分布の一様性（ $\pm 10\%$ 以内）を確保できる基板の大きさ即ち面積は、 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ ないし $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ 程度である。

【0022】平行平板電極を用いる方法によるVHF帯における均一製膜が難しい理由は次の通りである。まず、平行平板型は、ラダー電極型と較べて、もともと反応性ガスの供給を均一に行いにくい構造である。第2の先行技術文献（Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 219 (1991) p. 631.）に問題点が詳しく述べられているように、図23のように反応ガス供給管026からガス027を供給すると、基板030上の供給側に近い部分と遠い部分で、製膜速度に差が出てしまう。また図示はしないが、高周波電極022に多数の穴を設置し、そこから反応ガスを供給する方法でも、ガスの拡散体積が狭いため、不均一な膜厚分布になりやすい。

【0023】さらに、VHF帯では、ラダー電極と同じ様に定在波の影響により、電圧分布が悪化し、放電の不均一性が生じる。しかも、ラダー電極では、電流の流れが、電極棒方向に制限され、終端インピーダンスもアース線で決定されるのに対し、平行平板では電圧分布、電流分布が2次元となり、終端インピーダンスも電極22の周全体であるため複雑なものとなり、場合によっては時間変化を伴う不均一な放電分布となる。

【0024】一方、ラダー電極ではプラズマを生成する電界分布が、もともと電極棒のまわりの不均一な分布であるために、多小の定在波の存在があってもそれほど影響を受けないのに対し、平行平板型は均一な電界分布によりプラズマを生成しているため、少しでも電界の不均一性が乱れると、プラズマの均一性が著しく悪化する特性を持つ。

【0025】したがって、量産性向上や低コスト化に必要な大面積基板に関するプラズマ電源の高周波数化による成膜速度の向上は、非常に困難である。なお、 $a-Si$ の成膜速度はプラズマ電源周波数の2乗に比例するので、関連技術分野の学会においても研究が活発化しているが、大面積化への成功例はまだ無い。

【0026】第3の先行技術文献（L. Sansonnens et. al, Plasma Sources Sci. Technol. 6(1997) p. 170)には、平行平板型を用いたVHF帯での大面積製膜が報告されている。この先行技術文献では、 $70\text{ MHz}$ で中央に給電した場合、 $\pm 38\%$ の不均一性があるとしている。これは図24に示す我々の結果と同等であり、太陽電池や薄膜トランジスタ等には利用できないレベルの不均一性である。同じく $70\text{ MHz}$ で4点に給電することにより均一性が改善され、 $\pm 18\%$ になるとしている

が、これでも太陽電池等に必要となる $\pm 10\%$ の均一性を達成できていない。

【0027】また、上述したラダー型及び平行平板型電極以外に、グリッド状（格子状又は網状）放電電極を用いたプラズマ化学蒸着装置が提案されている。このグリッド状高周波放電電極を用いたプラズマ化学蒸着装置の構成の概略を図25に示す。

【0028】図25に示すように、PCVD031は、真空容器032内に原料ガス033を導入するガス導入口034を有する原料ガス供給部材035と、該原料ガス供給部材035と対向して配置された基板加熱装置を兼用する基板支持手段036に支持された基板037と、該基板037と原料ガス供給部材035との間に配されたグリッド状高周波放電電極038とを配設してなるものである。図中符号039は真空ポンプ、040は高周波電源を図示する。

【0029】上述した蒸着装置031による非晶質薄膜及び微結晶薄膜の製造方法を以下に示す。基板加熱装置を兼用する基板支持手段036に基板（例えばガラス、ステンレス、耐熱性高分子材料）037を固定し、所定の温度（例えば $200^\circ\text{C}$ ）まで加熱する。また、真空容器032内を真空ポンプ039にて真空排気する（例えば $1 \times 10^{-6}\text{ Torr}$ 程度まで）。次に、原料ガス（例えば $SiH_4$ ガス）033を原料ガス導入口034から真空容器032内に導入する。真空容器032内及び原料ガス圧力及び流量が所定の値（例えば $0.1\text{ Torr}$ で $800\text{ sccm}$ ）になるよう導入流量と排気流量とを調整する。

【0030】次に、高周波放電電極08に高周波電源040より高周波電力（例えば $60\text{ MHz}$ で $800\text{ W}$ ）を入力し、高周波放電電極038の周辺に原料ガス032のプラズマ041を発生させる。導入された原料ガス033はプラズマ041により活性化され、ラジカルな状態（例えば $SiH_2$ や $SiH_3$ 、以下ラジカルという）になる。基板支持手段036に支持された基板037表面まで到達したラジカルは互いに化学的な結合をしながら基板037表面に堆積し、薄膜（例えばアモルファスシリコン薄膜、微結晶シリコン薄膜等）を形成する。

【0031】近年、アモルファスシリコン太陽電池、微結晶シリコン太陽電池、薄膜トランジスタを用いた液晶表示装置等は、大面積化の要求が高まっており、製造装置であるPCVD装置も大面積化の方向に進んでいる。

【0032】しかしながら、大面積化すると薄膜の均一な蒸着（例えば物性、膜厚等）が困難になるという問題がある。これは、①基板面上への供給ガスの流量分布の不均一性、②放電電極面上の電圧分布の不均一性が主な要因とされている。また、成膜速度や膜質向上のための一手段として、電源周波数の高周波化の方向にも進んでおり、従来良く用いられている $13.56\text{ MHz}$ から、更に高い周波数領域（例えば $40 \sim 200\text{ MHz}$ ）への高

周波化が行われているが、この領域では波長が基板サイズと同程度のオーダーとなるため、定在波の影響等による電極面上の電圧分布の不均一性がさらに顕著となり、大面積での均一な成膜を妨げる新たな要因となっている。

【0033】図26は従来のプラズマ化学蒸着装置における供給ガスの流量分布の均一性を高める原料ガス供給管051、高周波放電電極052、基板053の形状及び配置の一例を示す。図26に示すように、原料ガス供給管051は、基板053全面に原料ガスを供給できるように、ガス吹き出し孔054を設けたガス管055をハシゴ状に配置した形状であり、基板053と平行となるように配置されている。また、高周波放電電極052も基板053全面にプラズマを発生させ、且つガス供給管051からの原料ガスの流れを遮ることなく、一様に供給できるように、電極棒056をハシゴ状に配置した形状で、基板と平行に配置されている。図26に示すような高周波放電電極052においては、給電点057は中央部分に設けられている。

【0034】図26に示す方法では、一般に用いられる平行平板型の電極を用いた場合と比べると、供給ガスの流量の分布の均一性を高めることができるので、従来の13.56MHzの電源周波数での成膜では、大面積での薄膜の均一性は良好であった。しかしながら、高速高品質成膜等のために従来よりも高い周波数領域の電源周波数を用いる場合、従来の技術にかかる高周波放電電極の形状では電圧分布が不均一になりやすく、高周波放電電極全体に均一なプラズマを発生させることが困難であった。

【0035】図26に示す高周波放電電極052を用いた電圧分布を図27に示す。図27に示すように、中央部分に給電点057を有する電極棒056の部分の電圧が高い不均一な電圧分布になっており、プラズマが不均一になっていることが示される。

【0036】一方、先に述べたように、第3の先行技術文献によれば、平行平板型PCVD装置では、電極面上の中央若しくは中央を中心とする対称な4点に給電することによって、電源周波数が70MHzでも比較的均一な電圧分布が得られ、比較的均一な薄膜が得られている。しかしながら、この従来技術においても、膜厚の不均一性は±18%と高く、十分に均一な薄膜(±10%以下)は得られていないのが、現状であり、均一な薄膜を得ることができるPCVD装置が望まれている。

【0037】本発明は、前記問題に鑑み、膜厚が均一な非晶質薄膜及び微結晶薄膜を製造することができる高周波放電電極及びそれを用いたプラズマ蒸着装置を提供することを課題とする。

【0038】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決する〔請求項1〕の高周波放電電極の発明は、高周波電源より整

合器を介して給電される高周波プラズマ発生装置の放電電極であって、少なくとも2点以上の高周波電力の給電点を有することを特徴とする。

【0039】〔請求項2〕の発明は、請求項1において、複数の電極棒を平行に並べた電極棒群を2つ互いに直交させて配置してなり、高周波電力の給電点が高周波放電電極の各辺の二等分線を基準として線対称の位置に配されてなることを特徴とする。

【0040】〔請求項3〕のプラズマ蒸着装置の発明は、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極に請求項1又は2の放電電極を用いたことを特徴とする。

【0041】〔請求項4〕の発明は、請求項3において、基板に対向しない、放電電極の周辺部に前記給電部を設けたことを特徴とする。

【0042】〔請求項5〕の発明は、請求項3又は4において、整合器から各給電点までの電力伝送線路の長さを等しくすることを特徴とする。

【0043】〔請求項6〕の発明は、請求項3乃至6において、伝送線路を放電電極の給電部に接続する際、給電点と伝送線路のパワーラインを結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタ部の太さを、給電部付近の電極棒の太さと少なくとも同じにすることを特徴とする。

【0044】〔請求項7〕の発明は、請求項3乃至6において、給電点と伝送線路のアースラインの終端金属部の距離を、少なくとも1cm以上とすることを特徴とする。

【0045】〔請求項8〕の発明は、請求項3乃至7において、伝送線路の放電電極への取付けを、放電電極の基板とは異なる側とし、その取付け角度を少なくとも斜め45°以上とすることを特徴とする。

【0046】〔請求項9〕の発明は、請求項3乃至8において、伝送線路のパワーラインの金属部分から接地部分までの最短距離を、少なくとも1cm以上とすることを特徴とする。

【0047】〔請求項10〕の発明は、請求項3乃至9において、放電電極への給電部の金属コネクタを、外径10mm以上40mm以下の絶縁物で覆うことを特徴とする。

【0048】〔請求項11〕の発明は、請求項10において、金属コネクタの外周と絶縁物の内周の隙間を、3mm以下とすることを特徴とする。

【0049】〔請求項12〕の発明は、請求項3乃至11において、放電電極への給電構造が、伝送線路をコネクタとレセプタクルとで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向の隙間を3mm以下とした絶縁構造とすることを特徴とする。

【0050】[請求項13]の発明は、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の $1/4$ 以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定することを特徴とする。

【0051】[請求項14]の発明は、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割することを特徴とする。

【0052】[請求項15]の発明は、請求項14において、同軸ケーブルが分布定数線路であることを特徴とする。

【0053】[請求項16]の高周波プラズマ発生装置の給電方法の発明は、反応容器内にラダー型又はグリッド型放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置の給電方法であって、前記給電点を2点以上の多点として給電すること

を特徴とする。

【0054】[請求項17]の発明は、請求項16において、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の $1/4$ 以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定しつつ給電することを特徴とする。

【0055】[請求項18]の発明は、請求項16において、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割しつつ給電すること

を特徴とする。

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

い。

【0057】[第1の実施の形態]図1は第1の実施の形態のラダー電極への給電部の一詳細図であり、ラダー電極への少なくとも2点以上の多点給電の一例を示す。図1に示すように、本実施の形態にかかる蒸着装置のラダー電極11は、複数の電極棒12aを平行に並べ、その両端を電極棒12b、12cでつないで、梯子状の電極を構成してなり、給電点13(13-1~13-4)を高周波放電電極11の一辺の二等分線を基準線14として線対称の所定の距離に配置してなるものである。前記給電点13-1~13-4には、電送線路として同軸ケーブル15を用い、高周波電源16から整合器17を介して高周波電力が供給されている。高周波電源16より整合器17および同軸ケーブル15を介してラダー電極11の4つの給電点13(13-1~13-4)に給電している。

【0058】①ラダー電極11を用いたプラズマ発生装置において、ラダー電極11への給電点13を、2点以上、好ましくは、4点以上の多点としている。

【0059】②①において少なくとも、電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から、好ましくは放電電極11の電極面上のすべての点から、前記①の給電点の少なくとも1つまでのラダー電極を構成する金属棒に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の $1/4$ 以下、好ましくは $1/8$ 以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定している。このように設定することにより、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができる。したがって、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0060】③①において、ラダー電極11上の給電点13は、基板と対向しない位置、すなわち、ラダー電極11の周辺部に設けるようにしている。特に、好ましくはラダー電極11の枠部に付けるのがよい。これは、給電点13には、給電に用いる電力伝送線路(以下「伝送線路」という。)として、例えば同軸ケーブル15を用いて接続した場合、このまわりにはラダー電極11のまわりと同様にプラズマが発生するが、このプラズマはモノシランを分解し、アモルファスシリコン製膜のもととなる $SiH_3$ などのラジカルを発生してしまうので、この給電部付近の基板面の製膜速度が他の部分と較べて高くなってしまふからである。そこで、製膜速度分布がこのような給電部付近のプラズマの影響を受けないように、給電部13は基板25に対向しない、ラダー電極の周辺部に付けるようにしている。

【0061】④①において、整合器17から各給電点13までの電力伝送線路の長さを等しくしている。これにより、各給電点の高周波電圧の位相を等しくすることができ、不安定で統一性のない定在波が立つことを防止でき、製膜速度均一化の際に必要な給電点位置の微調整が比較的容易にできる。

【0062】⑤ ①において、ラダー電極11上の各給電点13の位置を、ラダー電極11の中心を基準線14として所定距離( $d_1$ )を持って線対称な配置とする。これにより、ラダー電極11上の電圧分布が対称な形となり、分布のさらなる均一化のために必要な給電点位置の微調整が簡単になる。また、点対称の配置(給電点13-1及び給電点13-4)としてもよい。

【0063】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第1の実施例～第6の実施例において、詳細に説明する。

【0064】[第2の実施の形態]図15は、第3の実施の形態のラダー電極への給電部の一詳細図であり、図16はその要部側面図である。

① ラダー電極11を用いたVHF帯高周波プラズマによる製膜装置において、伝送線路(例えば同軸ケーブル15)をラダー電極11の給電部に接続する場合、ラダー電極11の給電点13と伝送線路(例えば同軸ケーブル15)のパワーライン(例えば同軸ケーブルの場合中心導体)を結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタ部101の太さを、給電部付近のラダー電極棒12aの太さと少なくとも同じに、好ましくは図16のコネクタ部101のように、太くしている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0065】② 給電点13と伝送線路(例えば同軸ケーブル15)のアースライン(例えば同軸ケーブル15のアースシールド15a)の終端金属部104の距離(a)を、少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上としている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0066】③ 伝送線路(例えば同軸ケーブル15)のラダー電極11への取付けを、ラダー電極11の基板と反対側(裏側)からとし、その取付け角度を少なくとも斜め45°以上、好ましくは図16に示すように、垂直(90°)に取付けるようにしている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0067】④ 給電線路のパワーライン(例えば同軸ケーブル15の場合中心導体)もしくは金属コネクタ101の絶縁されていないむき出しの部分からアースシールド15aや放電チャンパなどの接地されている部品までの最短距離(b)を、少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上としている。これにより、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0068】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第7実施例において詳細に説明する。

【0069】[第3の実施の形態]図17は、第3の実施の形態のラダー電極への給電部の一断面図であり、図18はそのA部拡大図である。

① ラダー電極11への給電部13の金属コネクタ201を、外径10mmφ以上40mmφ以下、好ましくは15mmφ以上30mmφ以下の絶縁物202で覆うようにしている。これにより、給電部の金属コネクタ201のまわりに絶縁物202を設置するようにしたので、金属コネクタ201まわりのプラズマを完全になくして製膜速度の均一性悪化を防止することができる。

【0070】② ①において、金属コネクタ201の外周と絶縁物202の内周の隙間(s)は、3mm以下、好ましくは1mm以下としている。これにより、中心導体201と外部シールドの絶縁物202の内周の隙間(s)が狭いので、その部分におけるプラズマの発生を防止することができる。

【0071】③ ラダー電極11への給電において、伝送線路をコネクタとレセプタクルで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向のすき間が3mm以下、好ましくは1mm以下となるように絶縁物を詰めた構造としている。これにより、放電が生じる空間をなくし、放電を起りにくくしている。

【0072】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第8実施例において詳細に説明する。

【0073】[第4の実施の形態]図19は第4の実施の形態の電力分割方法の概念図である。図20は本実施例の効果を示すための概念図である。図19に示すように、本実施例のラダー電極11は、高周波電源71から整合器72を介して、同軸ケーブル73で供給している。前記整合器72の出力コネクタはN型で、そこに同軸ケーブル73、N型Tアダプタ74、10D-2Vケーブル75、N型Tアダプタ76、10D-2Vケーブル77、N型コネクタ付フランジ78、真空用同軸ケーブル79を各々を接続している。

① 高周波を用いたプラズマ発生装置において、ラダー電極11への高周波供給13-1～13-4を多点で行う際に、高周波供給源71からの一出力を4つに分割するために、供給源からの一出力を同軸ケーブル73で行い、それを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の4分の1の長さで、前記同軸ケーブル73と同じ特性インピーダンスの同軸ケーブル75、75に接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブル75と同じ特性インピーダンスの同軸ケーブル77、77を接続することにより4つに分割している。

【0074】これにより、高周波電源71から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマ



に供給される部分が増加することとなる。また、同じ供給電力でも、同軸ケーブル 75 の長さを 50 cm としたときの方が、長さを 60 cm としたときより製膜速度が速くすることができる。

【0075】② 前記において「同軸ケーブル」を「分布定数線路」としても同義である。

【0076】なお、本実施の形態の具体的な実施例は第 9 実施例において詳細に説明する。

【0077】

【実施例】以下、本発明の好適な実施例に基づいて本発明の内容を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0078】〔実施例 1〕図 1 は第 1 の実施例を示す概念図であり、第 1 の実施の形態の好適な一実施例である。図 1 に示すように、本実施例にかかる蒸着装置のラダー電極 11 は、複数の電極棒 12 a を平行に並べ、その両端を電極棒 12 b, 12 c でつないで、梯子状の電極を構成してなり、給電点 13 (13-1~13-4) を高周波放電電極 11 の一辺の二等分線を基準線 14 として線対称の所定の距離に配置してなるものである。前記給電点 13-1~13-4 には、電送線路として同軸ケーブル 15 を用い、高周波電源 16 から整合器 17 を介して高周波電力が供給されている。

【0079】前記高周波電源 16 は、例えば 60 MHz、150 W の VHF 帯高周波を発生する。この高周波を整合器 17 を介して同軸ケーブル 15 でラダー電極 11 上の 4 つの給電点 13-1~13-4 に供給した。本実施例では、伝送線路として同軸ケーブル 15 を用いているが本発明はこれに限定されるものではない。なお、前記同軸ケーブル 15 は、VHF 帯高周波を低損失で伝送できる簡単で低コストに実施することができ、好ましい。この他、伝送線路として例えば 2 本の平行金属板による伝送線路を設計して用いる方法などもあるが、反応容器内でのとりまわし等に若干不便である。また、本実施例では、反応容器内の同軸ケーブルには、真空用同軸ケーブルを用いた。一般に同軸ケーブルは、50  $\Omega$  または 75  $\Omega$  であるが、本実施例は 50  $\Omega$  のものを用いた。プラズマインピーダンスは 50  $\Omega$  以下と考えられるので反射波の発生を少なくするためなるべく低いインピーダンスの伝送線路を用いるのが良いと考えられる。

【0080】図 1 に示すラダー電極においては、同軸ケーブル 15 の分岐部は単に並列に接続した。ここでは 2 段階で 4 分割したが、一度に 4 分割しても良いことはいうまでもない。但し、前記整合器 17 から給電点 13-1~13-4 までの距離はすべて等しくなるようにした。

【0081】本実施例にかかるラダー電極 11 は、その大きさを 42 cm  $\times$  42 cm とし、材質を SUS 製とし、構成する電極棒 12 a の径は 6 mm  $\phi$  としている。前記給電点 13-1~13-4 はラダー電極 11 の棒電

極 12 a の両端をつないで外周部分を構成する棒電極 12 b にとった。4 つの給電点 13-1~13-4 のうち、それぞれ 2 つずつが 1 本のラダー電極棒 12 a の両端になるようにし、その電極設置位置はラダー電極 11 の中心線を基準線 14 として上下対称となる所定位置 (d<sub>1</sub>) とした。

【0082】図 2 は図 1 に示すラダー電極 11 を用いた高周波プラズマ発生装置の配置図である。図 2 に示すように、PCVD 21 は、真空容器 22 内に反応ガス 23 を導入するガス導入管 24 を有するガス供給手段と、基板 25 の加熱と支持とを兼用する基板加熱・支持手段 26 と、基板加熱・支持手段 26 と原料ガス導入管 24 との間に配された図 1 に示すラダー電極 11 とを配設してなるものであり、排気管 27 を通して真空ポンプ 28 により真空容器 22 内のガスを排気している。

【0083】前記ラダー電極 11 のアースシールド 29 は、プラズマがラダー電極 11 と真空容器 22 の間に発生するのを防ぐためと、ガス導入管 24 から供給される反応ガス (モノシランガス) 23 がラダー電極 11 を通ってプラズマとなり、基板 25 に向って導くようにするために設置している。この反応ガス (モノシランガス) 23 は、反応に供された後、真空ポンプ 28 により排気される。ガス圧は 80 mTorr になるように調整している。

【0084】前記装置において、真空容器 22 内に反応ガス 23 を供給すると、モノシランのプラズマはラダー電極 11 の周辺および基板 25 との間に発生した。本実施例では、基板 25 は、30 cm  $\times$  30 cm の大型ガラス製とした。この状態で基板 25 上に a-Si の製膜を行った。

【0085】図 4 に本実施例での製膜速度分布を示す。図 4 によれば、本実施例では、 $\pm 10\%$  の均一な分布を得ることが確認された。

【0086】〔第 2 の実施例〕図 3 は図 1 に示すラダー電極を 2 点給電方式に変更した第 2 の実施例にかかるラダー電極 11 であり、第 1 の実施の形態の好適な一実施例である。給電方式を 2 点給電であること以外は図 1 のラダー電極と同じであるので、説明は省略する。この図 3 に示す 2 点給電に変更したラダー電極 11 によれば、図 5 に示すように、製膜速度分布は基板の大部分が均一性  $\pm 10\%$  以内に入ることが確認された。

【0087】なお、図には示さないが、さらに大型の電極において 8 点給電を行った場合、給電点から最も遠い点までの距離が波長の  $1/4 \sim 1/8$  である場合にも均一な分布が得られた。

【0088】一方、前記大型電極において 4 点給電した場合、波長の  $1/4$  以上となって、給電点から遠い位置の製膜速度が増大し、非常に不均一となってしまった。

【0089】〔比較例〕従来技術を示すラダー電極の中央 1 点給電の場合の分布は、図 6 に示すように、均一性

±40%であり、実用に供することができない、ことが判明した。

【0090】図1, 2, 3に示した例では、給電点を基板と対向しないラダー電極の周辺部に付けた。これにより、給電線のまわりに点くプラズマの製膜速度不均一性への影響を低減した。

【0091】製膜速度均一性に最も影響を与えるのが、ラダー電極上に生ずる定在波分布と考えられる。第1の先行技術文献(J. Appl. Phys. 54(8), 1983. 4367)に述べられている様に、一次元棒電極では終端が開放された条件では終端の電圧が最も高く、そこを基点として $\lambda/4$ まで単調減少する定在波分布となる。この原理を二次元電極であるラダー電極に拡張し、近似的に考えると、ラダー電極上の給電から最も遠い点を開放端とし、給電点に向って $\lambda/4$ まで単調減少する定在波分布が生じる。多点で給電すれば、定在波分布は近似的にそれぞれの給電点からの定在波の重ね合せと考えられる。したがって、給電点までの距離が最も遠いラダー電極上の点の、給電点までの距離を $\lambda/4$ 以下とすれば、定在波の分布はそれほど大きくならない。特に $\lambda/8$ 以下とすれば、定在波分布はほとんどなくなる。このように、ラダー電極と多点給電を組み合わせることにより定在波を制御できるようになり、均一分布を得ることができるようになった。

【0092】図1では給電点を4つにしたことにより、ラダー電極上の定在波分布が均一になり、プラズマが均一になって、製膜速度均一性が向上した。また、本実施例での給電点13からラダー電極11上の最も遠い点までの距離は58cmであり、波長の $1/14$ である。これにより定在波による放電不均一性が改善され、均一製膜に寄与した。

【0093】また、アースをとらないことにより、アースを接続した点の電圧が低くなって製膜速度を低下させることがなくなった。

【0094】図3の場合には最も遠い点までの距離は42cmであり、波長の $1/12$ である。このため定在波分布が改善され、均一性が向上した。

【0095】また、さらに大型の電極において、8点給電を行った場合も、給電点から最も遠い点までの距離が波長の $1/4 \sim 1/8$ である場合でも、 $1/8$ 以下と同様均一な分布を得ることが確認できた。

【0096】このように、給電点から最も遠い点までの距離が波長の $1/8$ 以下であれば、均一な電圧分布が得られ、製品に用いることができる均一な製膜速度分布を得ることができる。 $1/8$ 以上 $1/4$ 以下でも、おおむね満足のいく均一性が得られる。一方、 $1/4$ 以上では定在波分布により、給電点から遠い位置の製膜速度が増大して、不均一分布となってしまった。

【0097】中央1点給電の場合には、定在波分布については最も遠い点までの距離が $1/6$ であるので比較的

均一になっているはずである。しかし、給電点が1点であるとともに、中央にあるために、給電線のまわりに点くプラズマの影響により、不均一な分布となってしまった。

【0098】これに対し、図1, 2, 3に示した例では、給電点を基板と対向しない位置に付けたので、給電線のまわりに点くプラズマの影響が、基板上の製膜速度分布にはあまり影響していないと考えられる。この給電線のまわりのプラズマについては、後述する実施例3で詳しく述べる。

【0099】図1, 2, 3に示した4点または2点給電の本実施例においては、ラダー電極上の各給電点の配置を左右対称とした。これにより、ラダー電極上の電圧が対称な形となった。これらの実施例では、給電点位置の微調整を製膜速度分布を見ながら行ったが、このように対称な形が得られるので、調整の指針を得やすかった。これに対し、図示しないが、非対称な配置では複雑な分布が生じ、微調整をどのように行ったら良いか不明であった。

【0100】上述した実施例はラダー型電極であったが、次に、グリッド型電極についての実施例を説明する。

【0101】第1及び第2の実施例の水平棒だけを用いたラダー型電極に加え、水平、垂直な電極棒を用いたグリッド型ラダー電極も同様の効果が期待できる。

【0102】〔第3の実施例〕図7は第3の実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な一実施例である。図7に示すように、第3の実施例にかかる高周波放電電極41は、複数の電極棒42を平行に並べた電極棒群を2つ互いに直交させて、網目状に配置してなる格子状の電極を構成してなり、給電点43(43-1~43-4)を高周波放電電極41の一辺の二等分線を基準線44として線対称の位置に配置してなるものである。なお、格子の形状は本実施例に限定されるものではない。本実施例にかかる高周波放電電極41は、図25に示した蒸着装置031の高周波放電電極038の代わりに適用されるものである。

【0103】すなわち、本実施例では、二等分線の基準線44から所定距離 $D_1$ をもって給電点43-1, 給電点43-2, 給電点43-3, 給電点43-4を4箇所形成しており、結果として、高周波放電電極41の四隅の4点に給電点を配するようになっている。このように、二等分線44から所定距離 $D_1$ をもって給電点43-1と給電点43-2とが配置され、同様に給電点43-3と給電点43-4とが配置してなるので、図8に示すように、電圧分布が略均一となり、薄膜形成において、十分均一なもの(±10%以下)を得ることができる。

【0104】〔第4の実施例〕図9は第4の実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であ



り、第1の実施の形態の好適な実施例である。図9に示すように、本実施例にかかる高周波放電電極51は、電極棒52を網目状に配置して格子状の電極を構成してなり、給電点53(53-1~53-4)を高周波放電電極51の一边の二等分線を基準線54として線対称の位置に配置してなるものである。

【0105】本実施例では、第1の実施例に比べて中央寄りで基準線54から所定距離 $D_2$ をもって給電点53-1、給電点53-2、給電点53-3、給電点53-4を4箇所形成するようにしている。このように、二等分線54から所定距離 $D_2$ をもって給電点53-1と給電点53-2とが配置され、同様に給電点53-3と給電点53-4とが配置してなるので、図10に示すように、第3の実施例より更に均一な電圧分布を得ることができ、薄膜形成において、十分均一なもの(±10%以下)を得ることができる。

【0106】〔第5の実施例〕図11は本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な実施例である。第5の実施例では、先に説明した第3及び第4の実施例に比べて大面積化を図ったものであり、図11に示すように、本実施例にかかる大型の高周波放電電極61は、電極棒62を網目状に配置して格子状の電極を構成してなり、給電点63(63-1~63-4)を高周波放電電極61の一边の二等分線を基準線64として線対称の位置に複数配置してなるものである。

【0107】本実施例では、基準線64から第1の所定距離 $D_1$ 、及び第2の所定距離 $D_2$ をもって電極の8カ所に給電点を配置するようにしている。このように、本実施例では、基準線64から第1の所定距離 $D_1$ をもって給電点63-1と給電点63-2とが配置され、同様に第1の所定距離 $D_1$ をもって給電点63-3と給電点63-4とが配置されており、更に、第2の所定距離 $D_2$ をもって給電点65-1と給電点65-2とが配置され、同様に第2の所定距離 $D_2$ をもって給電点65-3と給電点65-4とが配置され、複数の給電点が所定距離をもって配置されているので、図12に示すように、電圧分布が略均一となり、第1の実施例よりも大面積化を図った薄膜形成において、十分均一なもの(±10%以下)を得ることができる。

【0108】〔第6の実施例〕図13は第6実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図であり、第1の実施の形態の好適な一実施例である。図14は本実施例により得られた製膜速度分布である。

【0109】図13に示すように、高周波電源16から整合器17を介して同軸ケーブル15によりグリッド型ラダー電極31の電極棒32から構成される中央部分の4桁の格子の四隅に、4つの給電点33(33-1~33-4)を配置してなるものであり、本実施例では給電点33(33-1~33-4)を電極31の周部分では

なく、中央付近にとり付けたものである。また、同軸ケーブル15は給電点33にグリッド型ラダー電極31の裏側から取付けており、60MHz、150WのVHF帯高周波を印加している。

【0110】第1の実施例と同様にモノシランを放電部に流し、プラズマを生成し、製膜を行った。製膜速度分布は図14に示すように、±20%以内になり、実機に何とか使える性能を得ることができた。ただし、給電点付近のプラズマはVHF帯高周波入力増大にともなって強くなる傾向があり、150W以上の入力では均一性が悪化するおそれもあった。

【0111】本実施例によれば、ラダー電極として、グリッド型を用いても、水平棒型のラダー型電極と同様の均一性が得られることが示された。また、給電点を中央付近に取付けても、第1の実施例の周辺部に取付けた場合とそれほど変りない均一性を得ることができた。ただし、これはVHF帯高周波入力150W程度までの比較的低入力の場合に限られる。

【0112】〔第7の実施例〕図15は、ラダー電極への給電部の一実施例の詳細図であり、第2の実施の形態の好適な一実施例である。図16はその要部側面図である。第1の実施例では給電点は単に同軸ケーブルの中心導体を給電点にねじ止めしたものであった。60MHz、150W程度では給電点付近のケーブルまわりの不要なプラズマの発生は顕著ではなかったので、良好な均一製膜ができた。

【0113】本実施例は第1の実施例と同じ構成において、供給する高周波電力を100MHz、200Wで行った。このとき、第1の実施例のような給電構造とすると、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じ、製膜速度分布の悪化のおそれがあるとともに、粉の発生が見られた。

【0114】そこで、まず同軸ケーブルの中心導体(図では見えない)に太さ10mmφの金属コネクタ101をかしめ止めし、その一端をラダー電極11の電極棒12bの給電点13にネジ102で固定した。給電点13のあるラダー電極棒12bや、その周辺の電極棒12aはすべて太さ6mmφである。この金属コネクタ101は長さ2.5cmとし、絶縁物を巻かないむき出しの部分を2cmとし、同軸ケーブル15側の終端金属102から5mmの部分に円環絶縁物103を取付けた。同軸ケーブル15のアースシールド15aの終端金属104からラダー電極11の給電点13までの距離(a)は2.5cmとした。

【0115】金属コネクタ101および同軸ケーブル15は、ラダー電極11の基板25側と反対側(裏側)にラダー電極11に対して垂直になるように取付けた。

【0116】また、本実施例においては、アースシールド29から金属コネクタ101までの最短距離(b)は3cmとした。

【0117】ラダー電極を用いてVHF帯高周波で製膜

を行う場合、ラダー電極への給電点付近に生じるプラズマによる均一性の悪化が問題となる。給電点付近に生じるプラズマとしては、①給電点に接続する金属コネクタのまわりに生じるもの、②同軸ケーブルのアースシールドの終端金属の周囲につくもの、③同軸ケーブルのアースシールドの周囲につくもの、の3つがある。

【0118】給電点13と同軸ケーブル15の中心導体を結ぶ金属コネクタの太さを、給電部付近のラダー電極棒の太さより太くしたことにより、金属コネクタの周囲の集中電界がラダー電極棒周囲の集中電界より弱くなり、金属コネクタ周囲のプラズマがラダー電極棒周囲のプラズマより弱くなって、製膜速度への影響が小さくなった。中心導体をそのまま接続すると中心導体は細いので、電界が集中し、強いプラズマが中心導体のまわりに発生し、粉が発生してしまった。

【0119】給電点13と同軸ケーブル15のアースシールド15aの終端金属部104の距離(a)を、少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上とすることにより、アースシールドの終端金属部104のまわりに生じるプラズマが弱くなった。これは、高電位のラダー電極11とアース電位のアースシールドの終端金属104の距離が遠くなったため、この間に生ずる電界が弱くなったためと考えられる。なお、距離(a)を1cm以下とするとアースシールドの終端金属104のまわりにプラズマが発生し、粉が発生してしまい、好ましくない。

【0120】また、同軸ケーブル15および金属コネクタ101をラダー電極11の裏側(基板25と反対側)からラダー電極11と直交する方向に取付けたので、金属コネクタ101や同軸ケーブル15のシールドのまわりの電界が弱くなって同軸ケーブル15のシールドのまわりに付くプラズマの強さ自体が弱くなるとともに、これらのプラズマが基板から比較的遠くなり、製膜速度分布への影響が小さくなった。なお、ラダー電極11と同軸ケーブル15との取付け角度を45°以下とすると、同軸ケーブル15のシールドのまわりのプラズマが強くなり、好ましくない。

【0121】また、アースシールド29から金属コネクタ101までの距離(b)を少なくとも1cm以上、好ましくは2cm以上とすることにより、金属コネクタ101とアースシールド29の間に立つプラズマを抑制することができ、製膜速度分布への影響を少なくすることができた。なお、距離(b)が1cm以下ではプラズマが強くなり、粉が発生してしまい、好ましくない。

【0122】〔第8の実施例〕図17は、ラダー電極への給電部の一実施例の断面図であり、第3の実施の形態の好適な一実施例である。図18はそのA部拡大図である。本実施例では、ラダー電極11と基板25、基板ヒータ26、アースシールド29を実施例1と同様に設置した。また、ラダー電極11の給電点13にラダー電極11を構成する棒12aと同じ径6mmのSUS304

棒でできた金属コネクタ201をねじ200で固定した。金属コネクタ201はステンレス製よりも導電率の高い銅やアルミニウムなどを用いても良いが、ここでは不純物の発生を抑えるためにSUS304製とした。

【0123】なお、上述した実施例では、ねじとして、なべ小ねじを用いていたが、今回120MHzの周波数で放電の集中が見られたので、本実施例ではねじ200としてさら小ねじを用い、ねじ頭が出張らないようにして、これを解消した。

【0124】また、本実施例では、金属コネクタ201の周囲を絶縁物202で覆った。絶縁物202の、内径は金属コネクタ201の外径より1mm太くして、隙間(s)を0.5mmとし、外径は20mmφとした。絶縁物202の内径と金属コネクタ201の外径の隙間(s)が3mm以上あると、60MHz、200W以上の入力でこの隙間に放電が生じることが確認された。しかしながら、本実施例のように、隙間(s)が0.5mmでは120MHz、200Wでも放電は生じなかった。また、絶縁物202の外径が10mmφ以下であると、同じく60MHz、200W以上の入力でこの外周に局所的なプラズマが発生した。しかしながら、絶縁物202の外径が20mmφでは120MHz、200Wでも放電は生じなかった。

【0125】図17に示すように、本実施例では、金属コネクタ201と絶縁物202は、そのままアースシールド29に設けたレセプタクル203に通す構造とした。この部分に同軸ケーブル15の先端に取付けたコネクタ204を接続した。

【0126】また、同軸ケーブル15の中心導体205の先端には、ジャックコネクタ206をかしめ止めし、金属コネクタ201にはめ込んだ。一方、同軸ケーブル15のアースシールド15aは、先端リング207に溶接し、スプリングリング208とコネクタ204の袋ナット209で、アースシールド29のレセプタクル203に接続した。

【0127】また、ジャックコネクタ206の外径は金属コネクタ201の外径と同じにし、絶縁物202の内径との隙間(s)を0.5mmとした。レセプタクル203とコネクタ204で構成する溶接部の内部は、絶縁物202を詰め込んだ構造とし、すべての隙間の壁と壁の間の距離を0.5mmとした。隙間(s)が3mm以上あると60MHz、200W以上で放電が生じた。0.5mmでは、120MHz、200Wでも放電しなかった。

【0128】第7の実施例では高周波数、大パワー(例えば100MHz、200W)であっても均一な製膜速度分布が得られた。これは、不要なプラズマが弱くなり、製膜への影響が少なくなったからであった。また、第7の実施例では給電部を基板と対向しない、電極の周に付けたことも、影響が少なかった要因である。

【0129】第6の実施例の配置のように基板と対向する、電極の中央付近に取付けた場合や、第7の実施例の

給電方法では、高周波数大パワーの際に製膜速度の均一性が悪化した。また、第1の実施例の配置でも、さらに高周波数化、大パワー化（例えば120MHz、200Wなど）を行うと、製膜速度分布が悪化するとともに、粉の発生が生じた。

【0130】本実施例では給電部の金属コネクタのまわりに絶縁物202を設置することにより金属コネクタ201まわりのプラズマを完全になくして製膜速度の均一性悪化を防止した。

【0131】また、コネクタ201とレセプタクル203の接続部内部の中心導体と外部シールドの間に広い空隙があると、その部分にプラズマが発生するので、絶縁物202を設置して、空隙を狭めることによりプラズマ発生を防止した。

【0132】本実施例において、絶縁物202が金属コネクタ201の周囲、またはコネクタ201とレセプタクル203の接続部内部で放電防止の効果を持つ理由は以下のとおりである。直流電界下では絶縁物には電流が流れにくいので、放電電流を抑制し、放電が起りにくくなる。しかし、高周波電界下では、変位電流により絶縁物にも電流が流れるので、この効果による放電の抑制は無い。ここでの絶縁物の効果は、放電するモノシランガスのある空間を無くすことにより放電体積をなくしてしまうことである。直流電界下のように、放電電流を妨げる効果ではない。従って、薄い絶縁物では効果がない。

【0133】金属コネクタ201のまわりの絶縁物202には今回は円筒を用いたが、本発明では何等限定されるものではなく、例えば角型のものや、碍子のようにくびれがついたものも適宜使用することができる。

【0134】金属コネクタ201の周囲の絶縁物202の内径内側に関しては、理想的には完全に隙間(s)を無くすのが良いが、現実的には熱膨脹や製作精度を考慮して、わずかなすき間が必要である。高周波放電では、シース厚さ以下の充分薄いすき間であれば絶縁破壊しない領域があるので、これを利用した。本実施例では実験結果から考えて、実験例に示した範囲がそのような範囲にあると考えられる。

【0135】また、絶縁物202の外径は放電可能な空間を減らすためには、できるだけ太い方が良いが、あまり太くするとラダー電極の主放電にも影響を与えてしまい、製膜速度分布の均一性に影響してしまう。実験例で示した範囲が、コネクタ周囲の不要なプラズマ発生を防止し、主放電に影響しない範囲と考えられる。

【0136】コネクタレセプタクル接続部内部は、放電抑制のために絶縁物内側も外側も充分薄いすき間になるように絶縁物を詰めて放電可能な空間を無くした。隙間が広すぎて放電が生じた場合、粉が発生したり、中心導体、アース間の絶縁抵抗が悪化して短絡したりした。

【0137】また、伝送線路の取付けをコネクタレセプタクル接続型とすることによって、ラダー電極のアース

シールドと伝送線路（本例では同軸ケーブル）のアースシールドとが短絡されて電位差がなくなり、伝送線路のアースシールドまわりの不要なプラズマの発生が抑えられるとともに、メンテナンス時の伝送線路の取付け、取り外しが容易となった。

【0138】〔第9の実施例〕図19は第9の実施例の電力分割方法の概念図であり、第4の実施の形態の好適な一実施例である。図20は本実施例の効果を示すための概念図である。図19に示すように、本実施例のラダー電極11は、高周波電源71から整合器72を介して、同軸ケーブル73で供給している。前記整合器72の出力コネクタはN型で、そこに同軸ケーブル73を接続している。同軸ケーブル73は特性インピーダンス50Ωの10D-2Vケーブルで、長さは1mとした。同軸ケーブル73の両端はN型コネクタとし、先端側をN型Tアダプタ74につなぎ2つに分割した。これに2本の特性インピーダンス50Ωの10D-2Vケーブル75を接続した。この両端もN型コネクタで、先端側をさらに2つのN型Tアダプタ76で計4つに分割した。これらにさらに計4本の特性インピーダンス50Ωの10D-2Vケーブル77を接続した。ケーブル長さはそれぞれ20cmとした。この両端もN型コネクタで、先端は放電チャンバ（図示していない）の壁面に取付けた計4つのN型コネクタ付フランジ78にそれぞれ取付けた。放電チャンバ内では計4本の真空用同軸ケーブル79を用いて、ラダー電極11の4つの給電点13（13-1～13-4）にそれぞれ接続した。長さはそれぞれ90cmとした。

【0139】まず、2分割した部分の2本の同軸ケーブル75の長さを、それぞれ60cmとした。ここでの長さは、N型Tアダプタ74内部の分岐点から同軸ケーブル75を通してN型Tアダプタ76の内部の分岐点までを言う。そして、整合器72でマッチングを取り、100MHz、200WのVHF帯高周波を供給した。SiH<sub>4</sub>流量200sccm、圧力80mTorrで製膜したところ、製膜速度6.5Å/sでアモルファスシリコンが均一に製膜できた。

【0140】次に、2分割した部分の2本の同軸ケーブル75の長さを、それぞれ50cmとして、同様にマッチングを取り、100MHz、200Wの超高周波を供給した。同じくSiH<sub>4</sub>流量200sccm、圧力80mTorrで製膜したところ、製膜速度10.2Å/sでアモルファスシリコンが均一に製膜できた。

【0141】同軸ケーブル75の長さを50cmとしたときに製膜速度が向上した理由は以下のとおりである。同軸ケーブル73は50Ω、同軸ケーブル75は50Ωが2本並列であるから計25Ω、同軸ケーブル77は50Ωが4本並列であるから計12.5Ωである。

【0142】図20のようにA、B、C、3つの分布定数線路を接続する場合、それぞれの特性インピーダンス

$R_A$  ,  $R_B$  ,  $R_C$  の間に「数 1」に示す式 (1) の関係があるとき、中央の B の部分の長さが高周波波長  $\lambda$  の  $1/4$  であると、A-B 間の①からと B-C 間の②からの反射波が打消し合い、①、②からの反射が見かけ上ゼロになる。

【0143】

【数 1】

$$R_B = \sqrt{R_A R_C} \quad \dots (1)$$

この原理は「 $\lambda/4$  変成器」と呼ばれ、例えば第 4 の先行技術文献 (小西良弘著「無線通信回路入門講座」総合電子出版社 p178) に述べられている。

【0144】本実施例でも同軸ケーブル 73 を A、2 本の同軸ケーブル 75 を B、4 本の同軸ケーブル 77 を C と考えれば、以下「数 2」に示すように式 (2) が成り立つ。

$$R_A = 50, R_B = 25, R_C = 12.5$$

【0145】

【数 2】

$$25 = \sqrt{50 \cdot 12.5} \quad \dots (2)$$

したがって、B にあたる 2 本の同軸ケーブル 75 がそれぞれ波長の  $1/4$  であれば、これらの両端での反射波がキャンセルされ、見かけ上ゼロとなる。

【0146】反射波がゼロになったことにより、整合器 72 からラダー電極 11 までの電力伝送線路に生じる定在波のうち、同軸ケーブルの分岐点に起因する部分がなくなる。定在波が生じていると、大電流、高電圧の部分ができるため、電流損、誘電損が大きくなるが、前記により、これらの損失がかなり低減された。したがって、電源から供給した電力のうち、線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加したと考えられる。これにより、同じ供給電力でも、同軸ケーブル 75 の長さを 50 cm としたときの方が、60 cm としたときより製膜速度が速くなったものと考えられる。

【0147】本実施例では特性インピーダンス 50  $\Omega$  の同軸ケーブルを用いたが、任意の特性インピーダンス R の分布定数線路を用いても、下記「数 3」に示す式

(3) が成り立つので、中間の 2 本の分布定数線路の長さを  $\lambda/4$  とすることにより同様の効果が期待できる。

【数 3】

$$R_A = R, R_B = R/2, R_C = R/4$$

$$R_B = \sqrt{R_A \cdot R_C} \quad \dots (3)$$

【0148】また、4 分割した先をさらにそれぞれ 4 分割して、16 分割する場合にも、同様の方法が利用できる。

【0149】

【発明の効果】以上説明したように、【請求項 1】の高

周波放電電極の発明によれば、高周波電源より整合器を介して給電される高周波プラズマ発生装置の放電電極であって、少なくとも 2 点以上の高周波電力の給電点を有するラダー型又はグリッド型放電電極であるので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0150】【請求項 2】の発明によれば、請求項 1 において、複数の電極棒を平行に並べた電極棒群を 2 つ互いに直交させて配置してなり、高周波電力の給電点が高周波放電電極の各辺の二等分線を基準として線対称の位置に配されてなるので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0151】【請求項 3】のプラズマ蒸着装置の発明によれば、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極に請求項 1 又は 2 の放電電極を用いたので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、大面積化しても均一な蒸着が可能となる。

【0152】【請求項 4】の発明によれば、請求項 3 において、基板に対向しない、放電電極の周辺部に前記給電部を設けたので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、大面積化しても均一な蒸着が可能となる。

【0153】【請求項 5】の発明によれば、請求項 3 又は 4 において、整合器から各給電点までの電力伝送線路の長さを等しくしたので、各給電点の高周波電圧の位相を等しくすることができ、不安定で統一性のない定在波が立つことを防止でき、製膜速度均一化の際に必要な給電点位置の微調整が比較的容易にできる。

【0154】【請求項 6】の発明によれば、請求項 3 乃至 5 において、伝送線路を放電電極の給電部に接続する際、給電点と伝送線路のパワーラインを結ぶ絶縁されていないむき出しの金属コネクタ部の太さを、給電部付近の電極棒の太さと少なくとも同じにするので、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0155】【請求項 7】の発明によれば、請求項 3 乃至 6 において、給電点と伝送線路のアースラインの終端金属部の距離を、少なくとも 1 cm 以上とするので、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0156】【請求項 8】の発明によれば、請求項 3 乃至 7 において、伝送線路の放電電極への取付けを、放電

電極の基板とは異なる側とし、その取付け角度を少なくとも斜め  $45^\circ$  以上とするので、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0157】[請求項9]の発明によれば、請求項3乃至8において、伝送線路のパワーラインの金属部分から接地部分までの最短距離を、少なくとも1cm以上とするので、中心導体のまわりおよびシールドのまわりにコロナ放電状の強い放電が生じることが解消され、製膜速度分布の悪化が防止されるとともに、粉の発生を防ぐことができる。

【0158】[請求項10]の発明によれば、請求項3乃至9において、放電電極への給電部の金属コネクタを、外径10mm以上40mm以下の絶縁物で覆うので、金属コネクタまわりのプラズマを完全に無くして製膜速度の均一性悪化を防止することができる。

【0159】[請求項11]の発明によれば、請求項10において、金属コネクタの外周と絶縁物の内周の隙間を、3mm以下とするので、その部分におけるプラズマの発生を防止することができる。

【0160】[請求項12]の発明によれば、請求項3乃至11において、放電電極への給電構造が、伝送線路をコネクタとレセプタクルとで接続する構造とし、コネクタとレセプタクルの接続部内部の中心導体と外部シールドの間の径方向の隙間を3mm以下とした絶縁構造とするので、直流電界下では絶縁物には電流が流れにくいので、放電電流を抑制し、放電が起こりにくくしている。

【0161】[請求項13]の発明によれば、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまで電極に沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の  $1/4$  以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定するので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0162】[請求項14]の発明によれば、反応容器内に放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置であって、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の  $4分の1$  の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸

ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割するので、高周波電源から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。

【0163】[請求項15]の発明によれば、請求項14において、同軸ケーブルが分布定数線路としても同様に、高周波電源から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。

【0164】[請求項16]の高周波プラズマ発生装置の給電方法の発明によれば、反応容器内にラダー型又はグリッド型放電電極と基板支持手段とが平行に配置されてなり、整合器を介して高周波電源から前記放電電極に高周波電力を給電する高周波プラズマ発生装置の給電方法であって、前記給電点を2点以上の多点として給電するので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0165】[請求項17]の発明によれば、請求項16において、前記放電電極の電極面のうち基板と対向する範囲のすべての点から前記給電点の少なくとも1つまでに沿って測った最短の距離が、高周波の真空中波長の  $1/4$  以下となるように給電点の数と給電点の位置を設定しつつ給電するので、基板面上の放電分布の均一性に影響するラダー電極上の電圧分布を充分小さく抑えることができ、均一な製膜速度分布を得ることができる。

【0166】[請求項18]の発明によれば、請求項16において、放電電極への高周波供給を多点で行う際に、高周波供給源からの一出力を複数に分割する給電線路が同軸ケーブルであり、該同軸ケーブルを2分割し、それぞれ高周波のケーブル内の波長の  $4分の1$  の長さで、前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルに接続し、さらにその先端をそれぞれ2分割し、それぞれ前記同軸ケーブルと同じ特性インピーダンスの同軸ケーブルを接続することにより複数に分割しつつ給電するので、高周波電源から供給した電力のうち、伝送線路で損失する部分が減り、プラズマに供給される部分が増加することとなる。

【0167】以上、本発明によれば、膜厚が均一な非晶質薄膜及び微結晶薄膜を製造することができ、大面積化を図った薄膜形成において、十分均一なもの（ $\pm 10\%$ 以下）を得ることができ、Si系薄膜形成技術（例えば太陽電池、TFE等の製造等）に用いて好適なものとなる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図2】第1の実施例にかかるプラズマ蒸着装置の概略図である。

【図3】本発明の第2の本実施例にかかるプラズマ蒸着

装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図 4】本発明の第 1 の本実施例にかかる製膜速度分布図である。

【図 5】本発明の第 2 の本実施例にかかる製膜速度分布図である。

【図 6】比較例にかかる製膜速度分布図である。

【図 7】本発明の第 3 の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図 8】第 3 の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図 9】本発明の第 4 の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図 10】第 4 の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図 11】本発明の第 5 の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図 12】第 5 の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図 13】本発明の第 6 の本実施例にかかるプラズマ蒸着装置の高周波放電電極の斜視図である。

【図 14】第 6 の実施例にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

【図 15】第 7 の実施例にかかるラダー電極への給電部の一実施例の詳細図である。

【図 16】図 15 の要部側面図である。

【図 17】第 8 の実施例にかかるラダー電極への給電部の一実施例の断面図である。

【図 18】図 17 の A 部拡大図である。

【図 19】第 9 の実施例の電力分割方法の概念図である。

【図 20】第 9 の実施例の効果を示すための概念図である。

【図 21】プラズマ CVD 装置の概略図である。

【図 22】従来のラダー型放電電極の斜視図である。

【図 23】従来の平行平板型放電電極を用いたプラズマ CVD 装置の概略図である。

【図 24】ラダー型放電電極と平行平板型電極との基板面積  $30\text{ cm} \times 30\text{ cm}$  でのプラズマ電源周波数と膜厚分布（平均膜厚からのずれ）の関係を示す特性図である。

【図 25】プラズマ蒸着装置の概略図である。

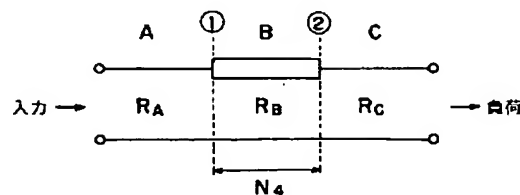
【図 26】従来のガス供給管、高周波放電電極及び基板の形状及び配置の一例を示す図である。

【図 27】従来技術にかかる電極を用いた場合の電圧分布図である。

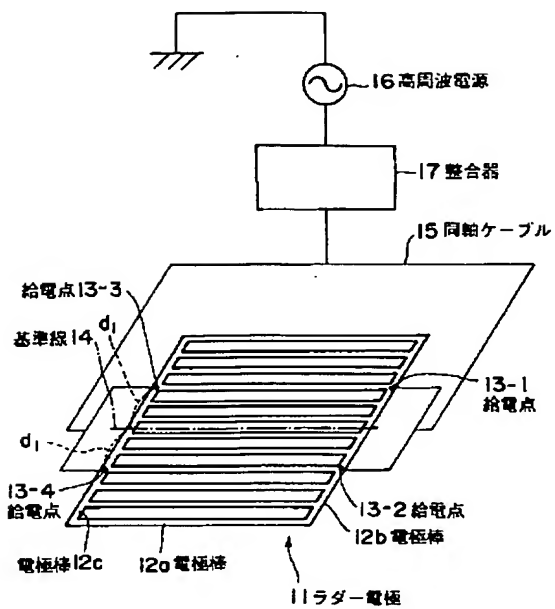
【符号の説明】

- 11 ラダー電極
- 12 a, 12 b 電極棒
- 13 (13-1~13-4) 給電点
- 14 基準線
- 15 同軸ケーブル
- 16 高周波電源
- 17 整合器
- 21 PCVD
- 22 真空容器
- 23 反応ガス
- 24 ガス導入管
- 25 基板
- 26 基板加熱・支持手段
- 27 排気管
- 28 真空ポンプ
- 31 グリッド型ラダー電極
- 32 電極棒
- 33 (33-1~33-4) 給電点
- 41, 51, 61 高周波放電電極
- 42, 52, 62 電極棒
- 44, 54, 64 基準線
- 43-1, 43-2, 43-3, 43-4 給電点
- 53-1, 53-2, 53-3, 53-4 給電点
- 63-1, 63-2, 63-3, 63-4 給電点
- 65-1, 65-2, 65-3, 65-4 給電点
- $D_1, D_2, D_3$  所定距離
- 71 高周波電源
- 72 整合器
- 73 同軸ケーブル
- 74 N型Tアダプタ
- 75 10D-2Vケーブル
- 76 N型Tアダプタ
- 77 10D-2Vケーブル
- 78 N型コネクタ付フランジ
- 79 真空用同軸ケーブル

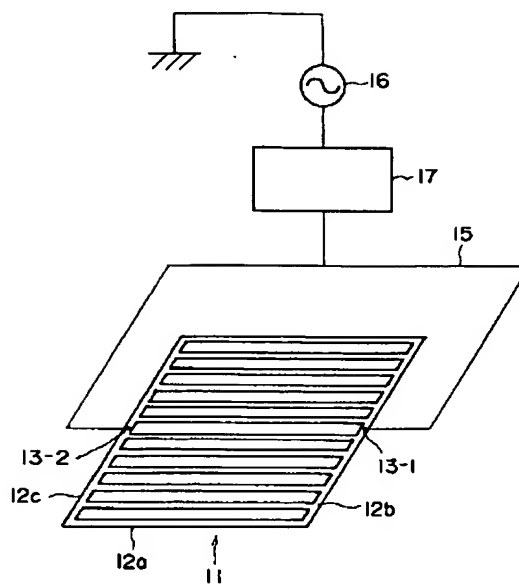
【図 20】



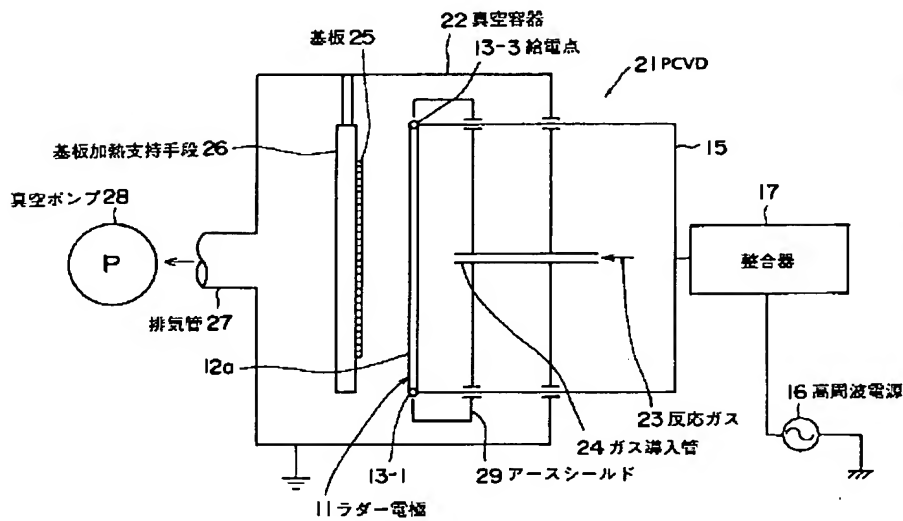
【図 1】



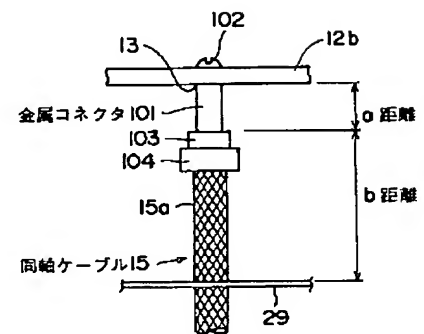
【図 3】



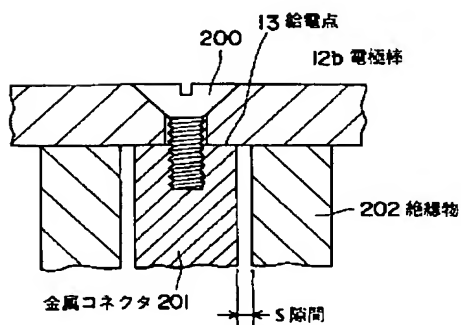
【図 2】



【図 16】

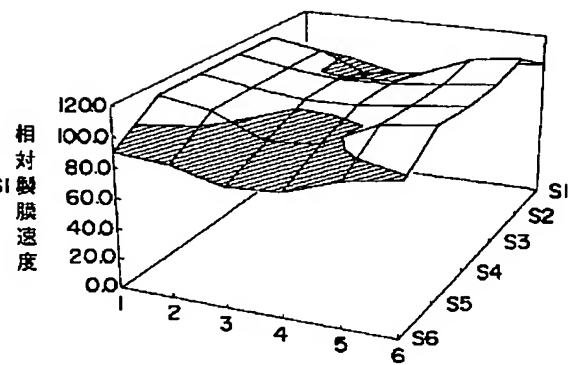


【図 18】

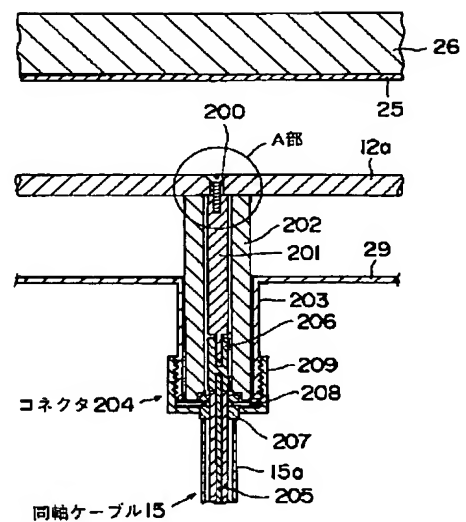




【図 5】



【図 17】

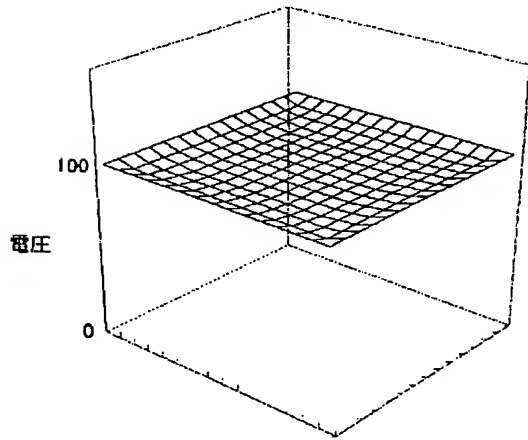


【圖 7】



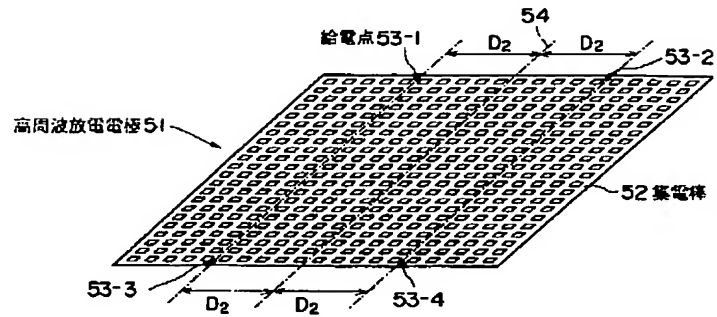
【図 8】

電極形状と給電点配置による電圧分布図



【図 9】

本発明による大面積高周波放電電極の形状と給電点配置

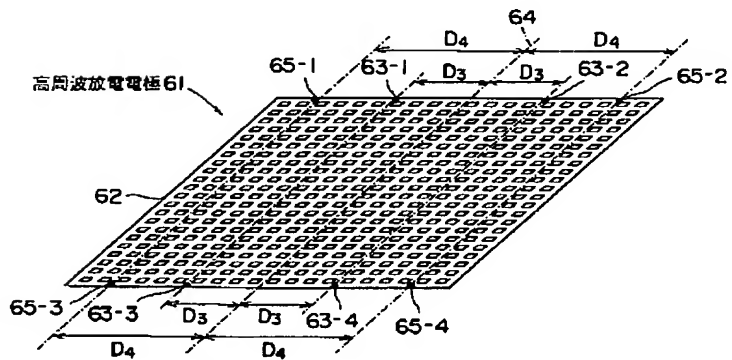
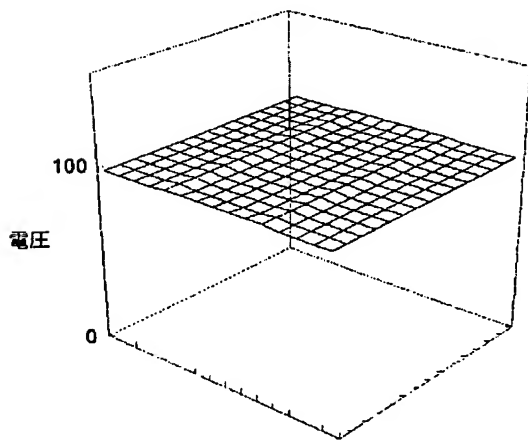


【図 11】

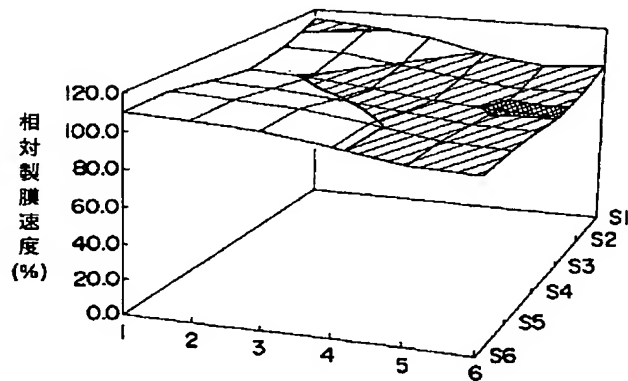
本発明による大面積高周波放電電極の形状と給電点配置

【図 10】

電極形状と給電点配置による電圧分布図

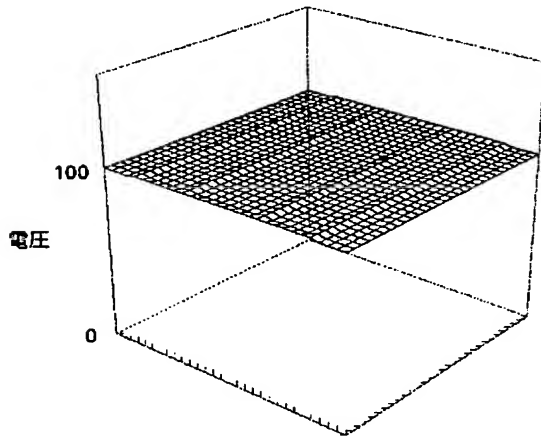


【図 14】

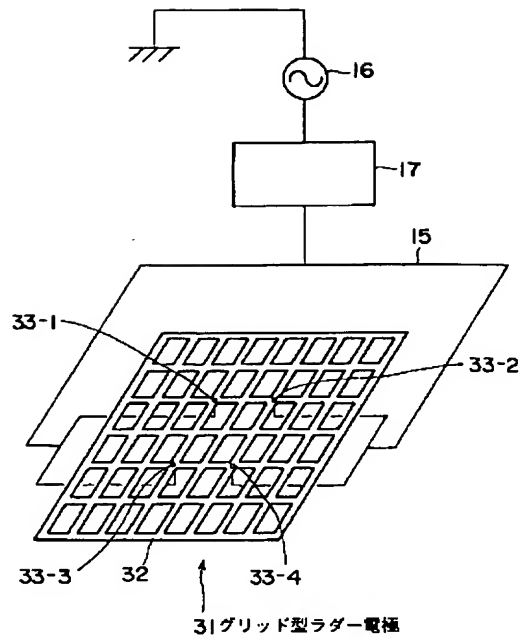


【図 12】

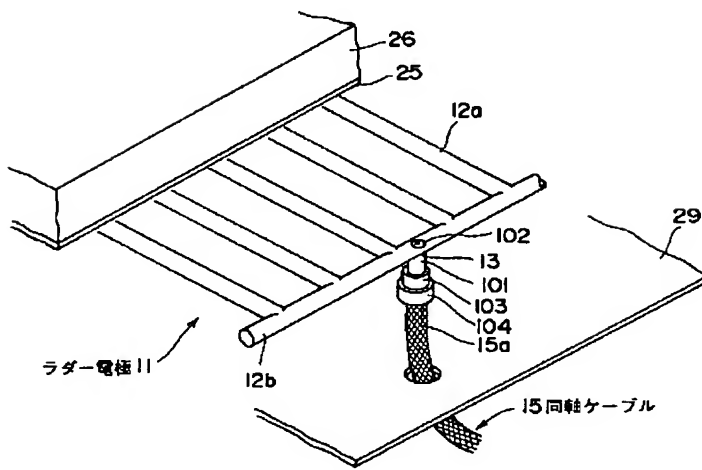
電極形状と給電点配置による電圧分布図



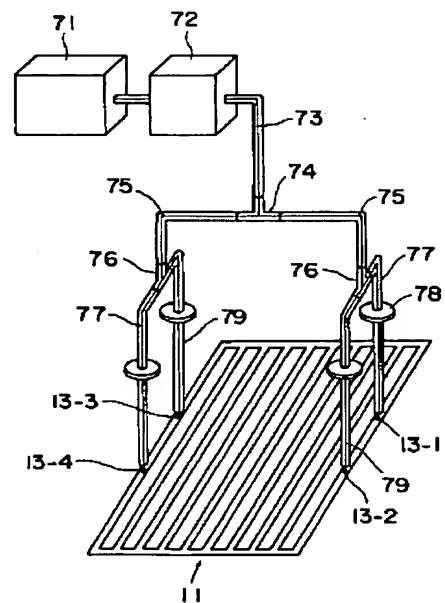
【図 13】



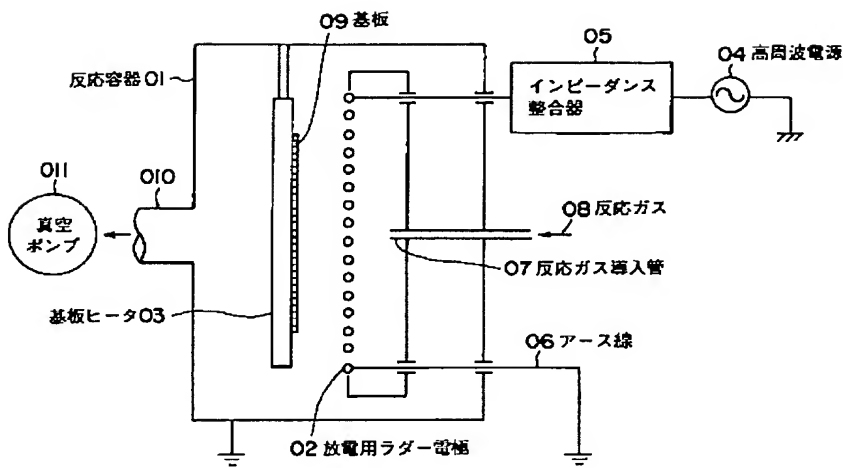
【図 15】



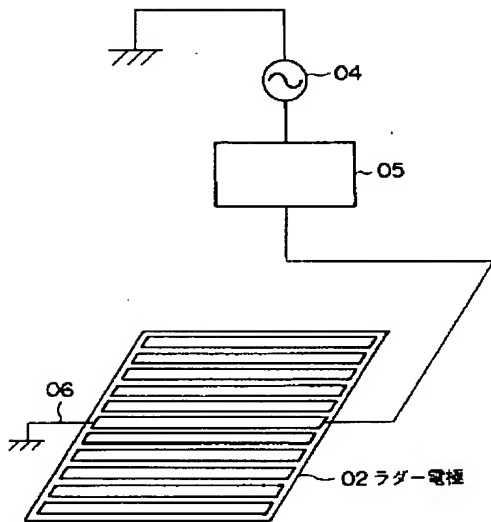
【図 19】



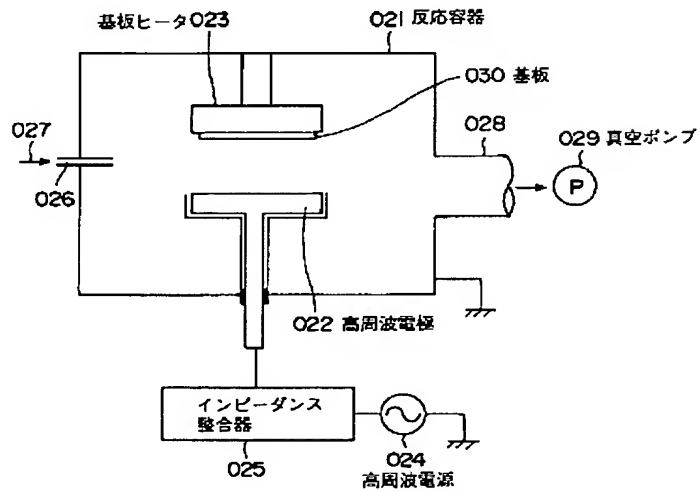
【図 2 1】



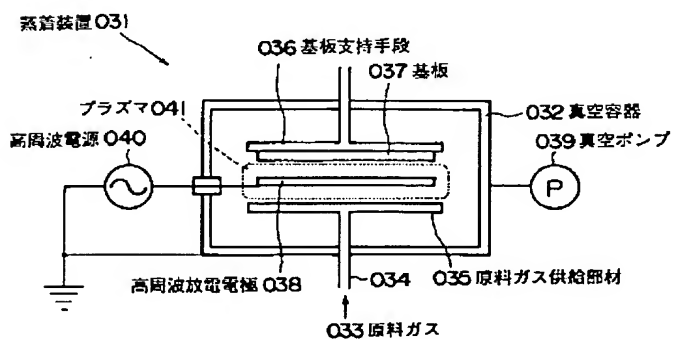
【図 2 2】



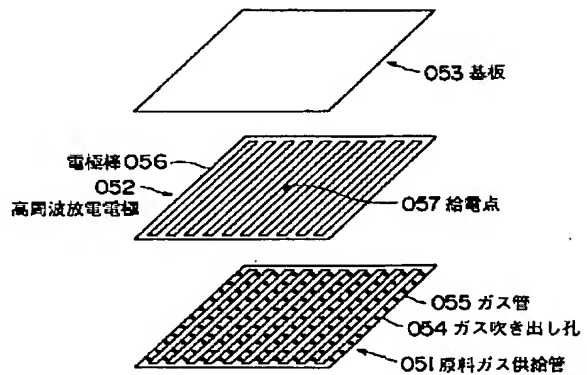
【図 2 3】



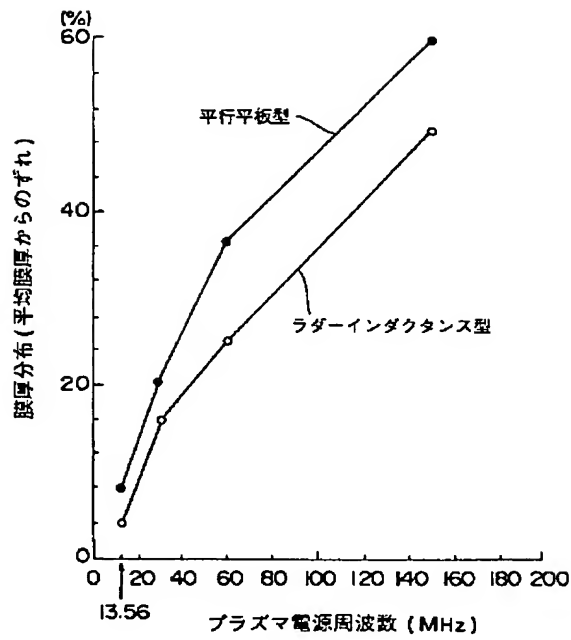
【図 2 5】



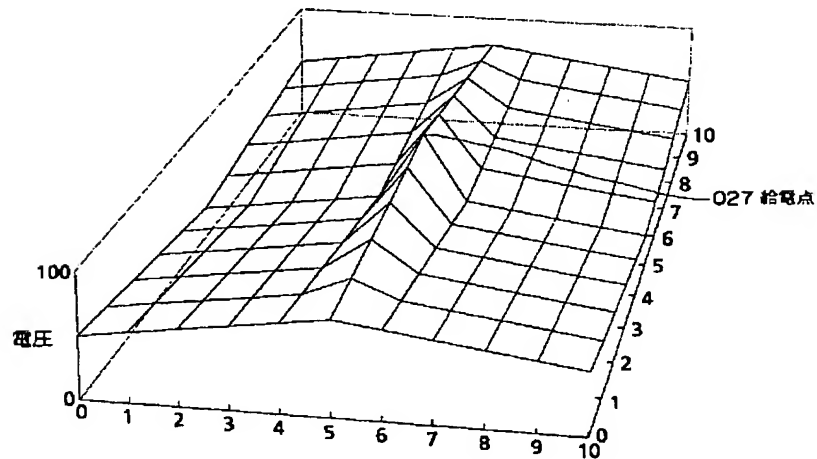
【図 2 6】



【図 24】



【図 27】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 正義  
 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三  
 菱重工業株式会社長崎研究所内  
 (72)発明者 竹内 良昭  
 長崎県長崎市深堀町五丁目717番1号 三  
 菱重工業株式会社長崎研究所内

(72)発明者 縄田 芳一  
 長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工  
 業株式会社長崎造船所内  
 (72)発明者 佐竹 宏次  
 神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1  
 三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72) 発明者 小鍛冶 聡司  
東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号 三  
菱重工業株式会社内  
(72) 発明者 森田 章二  
神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目 8 番地 1  
三菱重工業株式会社基盤技術研究所内  
(72) 発明者 久留 正敏  
東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号 三  
菱重工業株式会社内

(72) 発明者 堀岡 竜治  
東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 1 号 三  
菱重工業株式会社内  
(72) 発明者 真島 浩  
長崎県長崎市深堀町五丁目 717 番 1 号 三  
菱重工業株式会社長崎研究所内  
F ターム (参考) 4K030 FA01 GA02 JA03 KA15 KA30  
5F045 AA08 AB03 AB04 AB33 AC01  
AE25 AF07 BB02 CA13 CA15  
DP03 EH04 EH08 EH14 EH19

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**